

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2005-090437

(43)Date of publication of application : 07.04.2005

(51)Int.Cl.

F02D 45/00

F02D 9/02

F02D 41/36

F02P 5/15

(21)Application number : 2003-327965 (71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

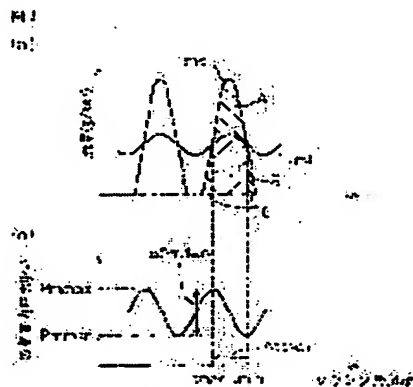
(22)Date of filing : 19.09.2003 (72)Inventor : KAGA TOMOYUKI

## (54) CONTROL DEVICE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a control device for an internal combustion engine for optimally controlling the internal combustion engine by utilizing the pulsation of pressure in intake pipe for easily estimating a cylinder filled air amount for each cylinder.

**SOLUTION:** The control device comprises a throttle passing air amount calculating means 19 for calculating a throttle passing air amount  $mt$  for air to pass through a throttle valve 18, an extra air amount calculating means for calculating an extra air amount for each cylinder equivalent to a drop amount  $\Delta P_{mdwn}$  of pressure in the intake pipe with the opening of an intake valve corresponding to each cylinder, a cylinder filled air amount estimating means for estimating a cylinder filled air amount  $M_{ti}$  for each cylinder in accordance with the throttle passing air amount detected by the throttle passing air amount detecting means and the extra air amount calculated by the extra air amount calculating means, and an engine control means for controlling the internal combustion engine in accordance with the cylinder filled air amount for each cylinder estimated by the cylinder filled air amount estimating means.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

11.07.2006

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1]

A throttle passage air content calculation means to compute the throttle passage air content which passes a throttle valve,

An excessive air content calculation means to compute the excessive air content to the above-mentioned gas column equivalent to the amount of descent of the pressure of inhalation of air by the inlet valve corresponding to each gas column opening,

A restoration air content presumption means in a cylinder to presume the restoration air content in a cylinder for every gas column based on the throttle passage air content detected by the above-mentioned throttle passage air content detection means, and the excessive air content computed by the above-mentioned excessive air content calculation means,

The control unit of the internal combustion engine possessing the engine control means which controls an internal combustion engine based on the restoration air content in a cylinder for every gas column presumed by this restoration air content presumption means in a cylinder.

[Claim 2]

The above-mentioned restoration air content presumption means in a cylinder is the control unit of the internal combustion engine according to claim 1 which adopts what totaled the above-mentioned throttle passage air content and the excessive air content to each above-mentioned gas column as a restoration air content in a cylinder to each gas column.

[Claim 3]

The above-mentioned restoration air content presumption means in a cylinder is the control unit of the internal combustion engine according to claim 1 which adopts what continued for two or more cycles and equalized what totaled the above-mentioned throttle passage air content and the excessive air content to each above-mentioned gas column for every gas column as a restoration air content in a cylinder to the above-mentioned gas column.

[Claim 4]

The pressure sensor for detecting the pressure of inhalation of air is provided. The above-mentioned excessive air content calculation means The difference of the maximum of the pressure of inhalation of air and the minimum value which were detected by the above-mentioned pressure sensor in the period which the inlet valve corresponding to each gas column is opening, and the period of the near, The control unit of an internal combustion engine given in any 1 term of claims 1-3 which compute the excessive air content to the above-mentioned gas column using an equation of state based on the temperature of inhalation of air.

[Claim 5]

The control unit of the internal combustion engine according to claim 4 which adopts atmospheric temperature as the above-mentioned temperature of inhalation of air.

[Claim 6]

The above-mentioned excessive air content calculation means is the control unit of an internal combustion engine given in any 1 term of claims 1-3 which compute the excessive air content to the above-mentioned gas column based on the amount of rises of the pressure of inhalation of air immediately after closing this inlet valve just before the inlet valve corresponding to the amount of descent and the above-mentioned gas column of the pressure of inhalation of air by the inlet valve

corresponding to each gas column opening opens.

[Claim 7]

The flow rate sensor which detects the throttle-valve passage air flow rate which passes a throttle valve is provided. The above-mentioned throttle passage air content calculation means In the period during the minimum value stage when the maximum stage when the pressure of inhalation of air serves as max in the period which the inlet valve corresponding to each gas column is opening, and the period of the near, and the pressure of inhalation of air serve as min The control unit of an internal combustion engine given in any 1 term of claims 1-6 which compute a throttle passage air content by integrating with the throttle-valve passage air flow rate detected by the above-mentioned flow rate sensor.

[Claim 8]

The flow rate sensor which detects the throttle-valve passage air flow rate which passes a throttle valve is provided. The period during the minimum value stage when the maximum stage when the pressure of inhalation of air serves as max in the period which the inlet valve corresponding to each gas column is opening, and the period of the near, and the pressure of inhalation of air serve as min is set to  $\Delta t_{down}$ . If the period between the valve-opening stage of the above-mentioned inlet valve and a clausilium stage is set to  $\Delta t_{tioc}$  and the throttle-valve passage air flow rate detected by the above-mentioned flow rate sensor during these periods is set to  $mt$  The above-mentioned throttle passage air content calculation means is the control unit of an internal combustion engine given in any 1 term of claims 1-6 which compute the throttle passage air content  $Mt$  based on the following type (1).

$Mt = mt - (\Delta t_{down} + \Delta t_{tioc}) / 2 \quad \text{-- (1)}$

[Claim 9]

The above-mentioned engine control means is the control unit of an internal combustion engine given in any 1 term of claims 1-8 which control fuel oil consumption and ignition timing for every gas column based on the restoration air content in a cylinder for every gas column presumed by the restoration air content presumption means in a cylinder.

[Claim 10]

A working angle is changed according to engine operational status, and the above-mentioned inlet valve memorizes beforehand the relation between the restoration air content in a cylinder in specific engine operational status, and the working angle of the above-mentioned inlet valve. Based on the relation by which storage was carried out [ above-mentioned ] with the restoration air content in a cylinder computed by the above-mentioned restoration air content calculation means in a cylinder, the actual working angle in each gas column is presumed. The control unit of an internal combustion engine given in any 1 term of claims 1-9 which amend an internal combustion engine's operation parameter so that the difference of these working angles may be compensated when the presumed this actual working angle differs from a target working angle.

[Claim 11]

An air content prediction means to predict the average restoration air content in a cylinder of all gas columns based on throttle opening, and the atmospheric temperature and the atmospheric pressure force of the perimeter of an internal combustion engine at least is provided further. The relative deflection between gas columns is computed based on the restoration air content in a cylinder for every gas column presumed by the above-mentioned restoration air content presumption means in a cylinder when engine operational status was in a steady state. The above-mentioned engine control means The control unit of an internal combustion engine given in any 1 term of claims 1-10 which control an internal combustion engine based on the restoration air content in a cylinder for every gas column computed by having amended the average restoration air content in a cylinder predicted by the above-mentioned air content prediction means when engine operational status was in a transient based on the above-mentioned deflection.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[Field of the Invention]

[0001]

This invention relates to an internal combustion engine's control unit.

[Background of the Invention]

[0002]

In order to make into the optimal value the air-fuel ratio of the gaseous mixture which burns in an internal combustion engine's combustion chamber, when an inlet valve closes, it is necessary to presume correctly the amount (for "the restoration air content in a cylinder" to be called hereafter) of the air with which the combustion chamber is filled up. Usually, the restoration air content in a cylinder is presumed from the map of a large number which made the argument the output value from many sensors, such as a flow rate sensor (air flow meter), and these sensors. Here, if the restoration air content in a cylinder is presumed using a map, the number of required maps and the number of the arguments will increase, and the adaptation man day of map creation time will increase very much in connection with this. Then, in recent years, computing the restoration air content in a cylinder by reducing the number and argument of a map is examined by using the numerical calculation model expressed with the formula based on hydrodynamics etc.

[0003]

The equipment which computes the restoration air content in a cylinder using such a numerical calculation model is indicated by the patent reference 1. The equipment of the patent reference 1 is computing the restoration air content in a cylinder using what subtracted the air content stored within inhalation of air from the air content which flows into an inlet pipe by the conservation of mass being equal to the air content with which it fills up in a cylinder. What subtracted the variation of the air of inhalation of air specifically computed from the throttle passage air content detected by the air flow meter etc. based on the pressure of inhalation of air detected by the pressure sensor etc. is computed as a restoration air content in a cylinder.

[0004]

[Patent reference 1] JP,2002-70633,A

[Patent reference 2] JP,2001-234798,A

[Description of the Invention]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

[0005]

By the way, since the inlet valve corresponding to each gas column is opened one by one, pulsation occurs to the pressure of inhalation of air (inhalation-of-air pulsation). However, since count will become complicated if the restoration air content in a cylinder is computed taking pulsation of the pressure of inhalation of air into consideration, he is trying to compute the restoration air content in a cylinder by pulsation of the actually produced pressure of inhalation of air being disregarded with the equipment of the patent reference 1. Namely, although the pressure of inhalation of air is changing with inhalation-of-air pulsation a lot in fact, it is computing the variation of the air of inhalation of air by removing change of the pressure of inhalation of air by pulsation by count.

[0006]

However, in fact, if pulsation of the pressure of inhalation of air is closely related to the restoration

air content in a cylinder to each gas column and the restoration air content in a cylinder is computable using such pulsation, it can compute the restoration air content in a cylinder more correctly.

[0007]

Then, the purpose of this invention presumes the restoration air content in a cylinder for every gas column easily using pulsation of the pressure of inhalation of air, and is to offer the control unit of the internal combustion engine which can control an internal combustion engine the optimal.

[Means for Solving the Problem]

[0008]

In order to solve the above-mentioned technical problem, in the 1st invention A throttle passage air content calculation means to compute the throttle passage air content which passes a throttle valve, An excessive air content calculation means to compute the excessive air content to the above-mentioned gas column equivalent to the amount of descent of the pressure of inhalation of air by the inlet valve corresponding to each gas column opening, A restoration air content presumption means in a cylinder to presume the restoration air content in a cylinder for every gas column based on the throttle passage air content detected by the above-mentioned throttle passage air content detection means, and the excessive air content computed by the above-mentioned excessive air content calculation means, The control unit of the internal combustion engine possessing the engine control means which controls an internal combustion engine based on the restoration air content in a cylinder for every gas column presumed by this restoration air content presumption means in a cylinder is offered.

[0009]

In the 2nd invention, what totaled the above-mentioned throttle passage air content and the excessive air content to each above-mentioned gas column is used for the above-mentioned restoration air content presumption means in a cylinder as a restoration air content in a cylinder to each gas column in the 1st invention.

[0010]

In the 3rd invention, what continued for two or more cycles and equalized what totaled the above-mentioned throttle passage air content and the excessive air content to each above-mentioned gas column for every gas column is used for the above-mentioned restoration air content presumption means in a cylinder in the 1st invention as a restoration air content in a cylinder to the above-mentioned gas column.

[0011]

In any 3rd one invention, the pressure sensor for detecting the pressure of inhalation of air is provided. the 4th invention -- the 1- the above-mentioned excessive air content calculation means Based on the difference of maximum and the minimum value and the temperature of inhalation of air of the pressure of inhalation of air detected by the above-mentioned pressure sensor in the period which the inlet valve corresponding to each gas column is opening, and the period of the near, the excessive air content to the above-mentioned gas column is computed using an equation of state.

[0012]

In the 5th invention, atmospheric temperature is adopted as the above-mentioned temperature of inhalation of air in the 4th invention.

[0013]

the 6th invention -- the 1- in any 3rd one invention, the above-mentioned excessive air content calculation means computes the excessive air content to the above-mentioned gas column based on the amount of rises of the pressure of inhalation of air immediately after closing this inlet valve, just before the inlet valve corresponding to the amount of descent and the above-mentioned gas column of the pressure of inhalation of air by the inlet valve corresponding to each gas column opening opens.

[0014]

The flow rate sensor which detects the throttle-valve passage air flow rate which passes a throttle valve in any 1-6th one invention in the 7th invention is provided. In the period during the minimum value stage when the maximum stage when the pressure of inhalation of air serves as max in the period when the inlet valve corresponding to each gas column is opening the above-mentioned

throttle passage air content calculation means, and the period of the near, and the pressure of inhalation of air serve as min A throttle passage air content is computed by integrating with the throttle-valve passage air flow rate detected by the above-mentioned flow rate sensor.

[0015]

The flow rate sensor which detects the throttle-valve passage air flow rate which passes a throttle valve in any 6th one invention is provided. the 8th invention -- the 1- The period during the minimum value stage when the maximum stage when the pressure of inhalation of air serves as max in the period which the inlet valve corresponding to each gas column is opening, and the period of the near, and the pressure of inhalation of air serve as min is set to  $\Delta t_{down}$ . If the period between the valve-opening stage of the above-mentioned inlet valve and a clausilium stage is set to  $\Delta t_{tioc}$  and the throttle-valve passage air flow rate detected by the above-mentioned flow rate sensor during these periods is set to  $mt$  The above-mentioned throttle passage air content calculation means is the control unit of an internal combustion engine given in any 1 term of claims 1-6 which compute the throttle passage air content  $Mt$  based on the following type (1).

$Mt = mt - (\Delta t_{down} + \Delta t_{tioc}) / 2$  -- (1)

[0016]

In any 1-8th one invention, the above-mentioned engine control means controls fuel oil consumption and ignition timing by 9th invention for every gas column based on the restoration air content in a cylinder for every gas column presumed by the restoration air content presumption means in a cylinder.

[0017]

In the 10th invention, as for the above-mentioned inlet valve, a working angle is changed in any 1-9th one invention according to engine operational status. The relation between the restoration air content in a cylinder in specific engine operational status and the working angle of the above-mentioned inlet valve is memorized beforehand. Based on the relation by which storage was carried out [ above-mentioned ] with the restoration air content in a cylinder computed by the above-mentioned restoration air content calculation means in a cylinder, the actual working angle in each gas column is presumed. When the presumed this actual working angle differs from a target working angle, an internal combustion engine's operation parameter is amended so that the difference of these working angles may be compensated.

[0018]

In the 11th invention, it sets to any 1-10th one invention. At least Throttle opening, An air content prediction means to predict the average restoration air content in a cylinder of all gas columns based on the atmospheric temperature and the atmospheric pressure force of the perimeter of an internal combustion engine is provided further. The relative deflection between gas columns is computed based on the restoration air content in a cylinder for every gas column presumed by the above-mentioned restoration air content presumption means in a cylinder when engine operational status was in a steady state. The above-mentioned engine control means When engine operational status is in a transient, an internal combustion engine is controlled based on the restoration air content in a cylinder for every gas column computed by having amended the average restoration air content in a cylinder predicted by the above-mentioned air content prediction means based on the above-mentioned deflection.

[Effect of the Invention]

[0019]

According to this invention, a throttle passage air content is computed by the throttle passage air content calculation means, and an excessive air content is computed by the excessive air content calculation means, the restoration air content in a cylinder is presumed for every gas column based on these, and an internal combustion engine is controlled based on this. The restoration air content in a cylinder is computable only from the air content and throttle passage air content equivalent to the amount of descent of the pressure of inhalation of air produced by pulsation of the pressure of inhalation of air. Therefore, according to this invention, the restoration air content in a cylinder for every gas column can be easily presumed using pulsation of the pressure of inhalation of air, and an internal combustion engine can be controlled the optimal.

[Best Mode of Carrying Out the Invention]

[0020]

Hereafter, the first operation gestalt of this invention is explained with reference to a drawing. The engine body 1 roughly shown in drawing 1 shows the injection mold jump-spark-ignition type internal combustion engine in a cylinder. However, this invention may be applied to another jump-spark-ignition type internal combustion engine or a compression autohesion fire type internal combustion engine.

[0021]

As shown in drawing 1, with the first operation gestalt of this invention, the engine body 1 possesses a cylinder block 2, the piston 3 which reciprocates within a cylinder block 2, and the cylinder head 4 fixed on the cylinder block 2. A combustion chamber 5 is formed between a piston 3 and the cylinder head 4. An inlet valve 6, a suction port 7, an exhaust valve 8, and the exhaust air port 9 are arranged for every gas column at the cylinder head 4. Furthermore, as shown in drawing 1, an ignition plug 10 is arranged in the center section of the internal surface of the cylinder head 4, and a fuel injection valve 11 is arranged at a cylinder head 4 internal-surface periphery. Moreover, the cavity 12 prolonged from the lower part of a fuel injection valve 11 to the lower part of an ignition plug 10 is formed in the top face of a piston 3.

[0022]

The suction port 7 of each gas column is connected with a surge tank 14 through the inhalation-of-air branch pipe 13, and a surge tank 14 is connected with an air cleaner 16 through an inlet pipe 15. In an inlet pipe 15, the throttle valve 18 driven with a step motor 17 is arranged. Moreover, the air flow meter 19 for detecting the flow rate of the air (inhalation-of-air gas) which passes an inlet pipe 15 to the inlet pipe 15 of the throttle-valve 18 upstream is arranged. On the other hand, the exhaust air port 9 of each gas column is connected with an exhaust pipe 20, and this exhaust pipe 20 is connected with an exhaust emission control device 21.

[0023]

An electronic control unit (ECU) 31 consists of a digital computer, and RAM (random access memory)33, ROM (read-only memory)34, CPU (microprocessor)35, the input port 36, and the output port 37 which were mutually connected through the bidirectional bus 32 are provided. The temperature sensor 41 of inhalation of air for detecting the temperature of the air the pressure sensor 40 of inhalation of air for detecting the pressure of the air within inhalation of air (inhalation-of-air gas) and within inhalation of air in a surge tank 14 is formed. The pressure sensor 40 of these inhalation of air and the temperature sensor 41 of inhalation of air generate the output voltage which is proportional to the pressure of inhalation of air, and the temperature of inhalation of air, respectively, and are inputted into input port 36 through A-D converter 38 to which this output voltage corresponds.

[0024]

Moreover, the throttle opening sensor 42 for detecting the opening of a throttle valve 18, The atmospheric temperature sensor 43 for detecting the atmospheric temperature around an internal combustion engine, or the temperature (intake-air temperature) of the air inhaled by the inlet pipe 15, The atmospheric pressure sensor 44 for detecting the atmospheric pressure force around an internal combustion engine or the pressure (intake pressure) of the air inhaled by the inlet pipe 15 is formed, and the output voltage of these sensors is inputted into input port 36 through corresponding A-D converter 38. Moreover, the load sensor 46 which generates the output voltage proportional to the amount of treading in of an accelerator pedal 45 is connected to an accelerator pedal 45, and the output voltage of the load sensor 46 is inputted into input port 36 through corresponding A-D converter 38. The crank angle sensor 47 generates an output pulse, whenever a crankshaft rotates 30 degrees, and this output pulse is inputted into input port 36. In CPU35, an engine rotational frequency is calculated from the output pulse of this crank angle sensor 47. On the other hand, an output port 37 is connected to an ignition plug 10, a fuel injection valve 11, and a step motor 17 through the corresponding drive circuit 39.

[0025]

by the way, in order to make into a target air-fuel ratio the air-fuel ratio of the gaseous mixture which burns in an internal combustion engine's combustion chamber 5 in an internal combustion engine's control unit The amount of the air (inhalation-of-air gas) with which it fills up in the combustion

chamber 5 when an inlet valve closes The amount ("fuel oil consumption" is called hereafter) of the fuel injected from a fuel injection valve to an internal combustion engine's combustion chamber 5 (or inhalation-of-air path) so that it may presume ("the restoration air content  $M_c$  in a cylinder" is called hereafter) and the air-fuel ratio of gaseous mixture may turn into a target air-fuel ratio based on the presumed restoration air content  $M_c$  in a cylinder is defined. Therefore, in order to make correctly into a target air-fuel ratio the air-fuel ratio of the gaseous mixture which burns in an internal combustion engine's combustion chamber 5, it is necessary to presume the restoration air content  $M_c$  in a cylinder correctly.

[0026]

Usually, the restoration air content  $M_c$  in a cylinder is presumed from the map of a large number which made the argument the output value from many sensors, such as a flow rate sensor (air flow meter), and these sensors. However, when presuming the restoration air content  $M_c$  in a cylinder using a map in this way, in order to make more exact the value of the restoration air content  $M_c$  in a cylinder presumed, the number of required maps and the number of the arguments increase. Thus, if the number of maps increases, ROM of ECU for saving a map will have to be made into what has large storage capacity, and the manufacturing cost of an internal combustion engine's control unit will become high. Furthermore, although an adaptation activity must be done for every format of the internal combustion engine by which a map is used for creating each map, since the point of measurement in this adaptation activity increases according to the number of maps, and the number of those arguments, if the number of maps and the number of those arguments increase, the man day of an adaptation activity will also increase.

[0027]

Then, the control unit of the internal combustion engine which computes the restoration air content  $M_c$  in a cylinder by numerical calculation using various models, without using a map is examined. In such a control unit, though the man day at the time of trying to reduce the number of required maps as much as possible, and this doing an adaptation activity by using numerical calculation abundantly is reduced sharply, the restoration air content  $M_c$  in a cylinder is correctly computable.

[0028]

Some which compute the restoration air content  $M_c$  in a cylinder are in one of such the models from the flow rate ("the throttle-valve passage air flow rate  $m_t$ " is called hereafter) of the air which passes a throttle valve 18 to per unit time amount, and the pressure ("the pressure  $P_m$  of inhalation of air" is called hereafter) of the air which exists in the part ("a part for an inhalation-of-air tube part" is called hereafter) of the inlet-pipe 15 grade from a throttle valve 18 to an inlet valve 6 (for example, patent reference 1). The flow rate of the air inhaled in a cylinder in such a model ("the intake air flow  $m_c$  in a cylinder" is called hereafter) () That is, the flow rate of the inhalation-of-air gas which flows out of a part for an inhalation-of-air tube part is the throttle-valve passage air flow rate  $m_t$  (). That is, the conservation of mass of being equal to what subtracted the amount (namely, amount of the inhalation-of-air gas stored in the inhalation-of-air tube part part) of the inhalation-of-air gas equivalent to the amount of rises of the pressure  $P_m$  of inhalation of air in unit time amount from the flow rate of the air which flows into a part for an inhalation-of-air tube part is used.

[0029]

Usually, the inhalation-of-air pulsation by an inlet valve being opened one by one in a part for an inhalation-of-air tube part occurs, and, therefore, the pressure of inhalation of air is changed sharply. Thus, if the model using the conservation of mass mentioned above using the pressure of inhalation of air changed sharply is created, a model type will become complicated and a count load will become large. So, in the former, in order to eliminate the effect of fluctuation of the pressure of inhalation of air by inhalation-of-air pulsation, the detection value and detection value of for example, the pressure sensor of inhalation of air anneal as variation ( $dP_m/dt$ ) of the pressure of inhalation of air per unit time amount, and deflection with a value is used.

[0030]

However, if the restoration air content in a cylinder is computed by fluctuation of the pressure of inhalation of air by inhalation-of-air pulsation having influenced the restoration air content in a cylinder greatly, therefore disregarding this effect, it cannot compute the exact restoration air content in a cylinder. Conversely, fluctuation of the pressure of inhalation of air by inhalation-of-air

pulsation if it says can compute correctly the restoration air content in a cylinder to each gas column, if it uses that it is closely related to the restoration air content in a cylinder. So, in this invention, the restoration air content in a cylinder is computed using this.

[0031]

Hereafter, with reference to drawing 2 and drawing 3, the calculation approach of the restoration air content in a cylinder is explained. In addition, drawing 2 shows the fundamental concept of the model (a "inlet-pipe model" is called hereafter) M1 in a part for an inhalation-of-air tube part.

Drawing 3 (a) shows change of the flow rate to a crank angle. The continuous line mt in drawing 3 shows the throttle-valve passage air flow rate, and the continuous line mci shows the intake air flow in a cylinder to all gas columns. Moreover, drawing 3 (b) shows change of the pressure of inhalation of air to a crank angle.

[0032]

First, the inlet-pipe model M1 shown in drawing 2 is considered. If the conservation of mass is applied about a part for an inhalation-of-air tube part, the relation of the following formula (2) will be realized to the pressure Pm of inhalation of air, the air flow rate (namely, throttle-valve passage air flow rate mt) which flows into a part for an inhalation-of-air tube part, and the flow rate (namely, intake air flow mci in a cylinder to a No. i gas column) of the inhalation-of-air gas which flows out of a part for an inhalation-of-air tube part.

[Equation 1]

$$\frac{dP_m}{dt} = \frac{Ra \cdot T_m}{V_m} \cdot (mt - \sum mci) \quad \dots (2)$$

It is the value to which the temperature ("the temperature of inhalation of air" is called hereafter) of the air to which Tm exists in an inhalation-of-air tube part, and Vm did the gas constant to the volume for an inhalation-of-air tube part here, and Ra did the division with the average molecular weight of air. Therefore, variation deltaPm of the pressure of inhalation of air for [ delta ] t seconds can be expressed like the following formula (3) by integrating with a formula (2) from time of day t. [Equation 2]

$$\Delta P_m = \frac{Ra \cdot T_m}{V_m} \cdot \int_t^{t+\Delta t} (mt - \sum mci) \quad \dots (3)$$

[0033]

If the inflow air content (mt) for an inhalation-of-air tube part is larger than an outflow air flow rate (mci), the pressure of inhalation of air will rise, if small, the pressure of inhalation of air will descend, if equal, the pressure of inhalation of air is fixed, and a formula (3) shows that variation deltaPm of the pressure of inhalation of air for [ delta ] t seconds is equivalent to a changed part of the air content in an inhalation-of-air tube part. In addition, when it is in a steady state which engine operational status mentions later, the amount of inhalation-of-air tube part is buffered to being intermittent depending on closing motion of an inlet valve 6, and the change is [ the inflow air flow rate (mt) from a part for an inhalation-of-air tube part ] quiet [ the outflow air flow rate (mci) from a part for an inhalation-of-air tube part ]. For this reason, the size relation between an outflow air flow rate (mci) and an inflow air flow rate (mt) repeats reversal (refer to drawing 3 (a)). This

means that the value in the parenthesis of the right-hand side of the above-mentioned formula (2) repeats positive/negative reversal a fixed period, i.e., the pressure of inhalation of air repeats a rise and descent a fixed period, and expresses pulsation of the pressure of inhalation of air.

[0034]

Here, it is assumed that the valve-opening period of the inlet valve 6 of each gas column does not overlap as shown in drawing 3 (a). That in this case, the pressure of inhalation of air takes Maximum  $P_{mmax}$  about the inhalation to the i-th cylinder When the time amount differential value of the pressure of inhalation of air is zero ( $dP_m/dt=0$ ), it is a time ( $mt=mci$ ) of the magnitude of the throttle-valve passage air flow rate  $mt$  and the cylinder [ i-th ] intake air flow  $mci$  in a cylinder balancing. It is at the time whose throttle-valve passage air flow rate  $mt$  was larger while the amount  $mci$  of inspired gas in a cylinder is increasing, namely, until the above-mentioned magnitude balances (let time of day be the maximum time of day  $t_{max}$  for this time). On the other hand, it is a time of the time amount differential value of the pressure of inhalation of air being zero that the pressure of inhalation of air takes the minimum value  $P_{mmin}$  about the inhalation to the i-th cylinder, and it is at the time whose amount  $mci$  of inspired gas in a cylinder was larger while the amount  $mci$  of inspired gas in a cylinder is decreasing, namely, until the above-mentioned magnitude balances (let time of day at this time be the minimum value time of day  $t_{min}$ ).

[0035]

Therefore, amount of descent ("amount of pressure drawdowns of inhalation of air" is called hereafter)  $\Delta P_{mdwn}$  (namely, difference of the maximum  $P_{mmax}$  of the pressure of inhalation of air and the minimum value  $P_{mmin}$ ) of the pressure of inhalation of air produced by inhalation of cylinder [ i-th ] inhalation-of-air gas can be expressed like the following type (4). In addition, the integral term of a formula (4) is equivalent to the area A of drawing 3 (a), and it turns out that  $\Delta P_{mdwn}$  is proportional to area A. Therefore, the capacity corresponding to area A can be called the excessive capacity to the i-th cylinder equivalent to the amount of descent of the pressure of inhalation of air by the inlet valve corresponding to the i-th cylinder opening.

[Equation 3]

$$\Delta P_{mdwn} = \left| \frac{Ra \cdot Tm}{Vm} \cdot \int_{t_{max}}^{t_{min}} (mt - \sum mci) dt \right| \quad \dots (4)$$

[0036]

From an assumption that the valve-opening period of the inlet valve 6 of each gas column does not overlap, the above-mentioned formula (4) can deform like the following formula (5).

[Equation 4]

$$Mci = \int_{t_{max}}^{t_{min}} mci dt = \Delta P_{mdwn} / \left( \frac{Ra \cdot Tm}{Vm} \right) + \int_{t_{max}}^{t_{min}} mt dt \quad \dots (5)$$

Here, the integral term of the throttle-valve passage air flow rate  $mt$  in a formula (5) is equivalent to the area B of drawing 3 (a), and  $Mci$  serves as a value adding the area A and area B of drawing 3. Therefore,  $Mci$  is equivalent to the capacity with which it filled up in the cylinder [ i-th ] combustion chamber 5 during the valve-opening period of the inlet valve 6 corresponding to the i-th cylinder, i.e., the restoration air content in a cylinder. However, if it says strictly, since the actual restoration

air content in a cylinder is equivalent to the amount which applied area C to the area A and area B of drawing 3 , Above Mci serves as approximate value which disregarded the capacity equivalent to area C as very small.

[0037]

Therefore, when engine operational status is in a steady state and the valve-opening period of the inlet valve 6 of each gas column does not overlap, the cylinder [ i-th ] restoration air content Mci in a cylinder can be presumed from the above-mentioned formula (5) by detecting or computing the throttle-valve passage air flow rate mt, the temperature Tm of inhalation of air, and amount of pressure drawdowns of inhalation of air deltaPmdwn.

[0038]

In addition, in mounting a formula (5), a formula (5) may be transformed like the following type (6). [Equation 5]

$$Mci = \Delta Pmdwn / \left( \frac{Ra \cdot Tm}{Vm} \right) + mt \cdot \Delta tdown \quad \dots (6)$$

In a formula (6), deltatdown is the time amount of a before [ from the maximum time of day tmax / the minimum value time of day tmin ], and expresses the decay time of the pressure of inhalation of air. Moreover, the throttle-valve passage air flow rate mt in a formula (6) is the value which averaged the detection value of an air flow meter 19 during the period from the maximum time of day tmax to the minimum value time of day tmin, or the valve-opening period of an inlet valve 6. Or since fluctuation of the actual throttle-valve passage air flow rate in the period from the maximum time of day tmax to the minimum value time of day tmin or the valve-opening period of an inlet valve 6 is small, you may be the detection value of the air flow meter 19 in the specific time of day in these periods. Similarly, the temperature Tm of inhalation of air in a formula (6) is also the value which averaged the detection value of the temperature sensor 41 of inhalation of air in the above-mentioned period, or the detection value of the temperature sensor 41 of inhalation of air in the specific time of day in the above-mentioned period.

[0039]

Moreover, although the temperature sensor 41 of inhalation of air was attached in the surge tank 14 and the temperature of the inhalation-of-air gas in an inhalation-of-air tube part part is detected with the above-mentioned operation gestalt, a temperature sensor may be attached in the inhalation-of-air upstream of a throttle valve 18, or a temperature sensor may be formed in one with an air flow meter 19, and the temperature detected by this temperature sensor may be used as temperature of inhalation of air. It is because it is carried out when especially this can approximate [ temperature / of the air of the inhalation-of-air upstream of a throttle valve 18 ] the temperature of inhalation of air with an equal mostly when engine operational status is in a steady state, and presumption of the cylinder [ i-th ] restoration air content Mci in a cylinder has engine operational status in a steady state with this operation gestalt.

[0040]

With reference to drawing 4 , the operating procedure of presumption of the cylinder [ using the formula (5) of the inlet-pipe model M1 mentioned above / i-th ] restoration air content in a cylinder is explained. In addition, as for this actuation, it is desirable to perform, when it performs for every predetermined time interval and every gas column, especially engine operational status is in a steady state and the valve-opening period of the inlet valve 6 of each gas column does not overlap.

[0041]

First, at step 101, 1 is added to the time amount counter n. After a cylinder [ i-th ] inlet valve closes the valve last time, the count of activation of this actuation is expressed, therefore the time amount counter n expresses the elapsed time from an inhalation-of-air valve-closing valve. Hereafter, the

value of a time amount counter is explained as time of day. Subsequently, at step 102, current crank angle CA is acquired from the crank angle sensor 47. At step 103, the value set to the closing motion valve flag Vlv (n) from crank angle CA acquired in step 102 is computed. In addition, the closing motion valve flag Vlv (n) expresses the closing motion valvate form voice of the cylinder [ i-th ] inlet valve 6 in time of day n, while the cylinder [ i-th ] inlet valve 6 is opening at this time, the value of the closing motion valve flag Vlv (n) is set to 1, and while closing the valve, it is set to 0.

[0042]

Subsequently, at step 104, it is judged whether it is in the condition that the value of the closing motion valve flag Vlv (n-1) in time of day n-1 is set to 1, and the value of the closing motion valve flag Vlv (n-1) in time of day n is set to 0. That is, at step 104, it is judged whether whether the inlet valve's 6 opening at the time of the last actuation, and the inlet valve's 6 closing the valve at the time of this actuation and the time of this actuation that is, are [ inlet valves 6 ] the times of clausilium being carried out. In step 104, the time of this actuation progresses to step 105, when it judges that an inlet valve 6 is not a time of clausilium being carried out.

[0043]

At step 105, it is judged whether the inlet valve (whether the value of the closing motion valve flag Vlv in time of day n (n) is 0 and the i-th cylinder) 6 is opened. When judged with the cylinder [ i-th ] inlet valve 6 not being opened (Vlv(n)=0), step 106 - step 112 are not performed, but this actuation is made to end them.

[0044]

On the other hand, when judged with the cylinder [ i-th ] inlet valve 6 being opened in step 105, it progresses to step 106. At step 106, 1 is added to the valve-opening counter m. In addition, after an inlet valve 6 is opened, the count of activation of this actuation is expressed, therefore the valve-opening counter m expresses the elapsed time from inlet-valve 6 valve opening. At step 107, the pressure Pm of inhalation of air, the throttle-valve passage air flow rate mt, and the temperature Tm of inhalation of air are acquired from the pressure sensor 40 of inhalation of air, an air flow meter 19, and the temperature sensor 41 of inhalation of air, respectively.

[0045]

At steps 108-111, the maximum Pmmax of the pressure of inhalation of air in an inlet-valve 6 valve-opening period and the minimum value Pmmin, the maximum stage tmax, and the minimum value stage tmin are updated.

Step 109 is performed only when judged with the pressure Pm of inhalation of air which it was judged whether whether the pressure Pm of inhalation of air acquired at step 107 being larger than the maximum Pmmax of the pressure of inhalation of air by which current storage is carried out, and the acquired pressure Pm of inhalation of air are maxes after an inlet valve 6 opens, and it acquired being max at step 108 ( $P_m > P_{mmax}$ ). At step 109, the pressure Pm of inhalation of air acquired at step 107 is memorized as maximum Pmmax of the pressure of inhalation of air, and the current time of day n is memorized as maximum time of day tmax.

[0046]

Subsequently, step 111 is performed only when judged with the pressure Pm of inhalation of air which it was judged whether whether the pressure Pm of inhalation of air acquired at step 107 being smaller than the minimum value Pmmin of the pressure of inhalation of air by which current storage is carried out, and the acquired pressure Pm of inhalation of air are mins after an inlet valve 6 opens, and it acquired at step 110 being min ( $P_m < P_{mmin}$ ). At step 111, the pressure Pm of inhalation of air acquired at step 107 is memorized as the minimum value Pmmin of the pressure of inhalation of air, and the current time of day n is memorized as minimum value time of day tmin.

[0047]

At step 112, this throttle-valve passage air flow rate acquired at step 107 is added to addition value sigmamt of the throttle-valve passage air flow rate after the cylinder [ i-th ] inlet valve 6 opens. Furthermore, this temperature Tm of inhalation of air acquired at step 107 is added to addition value sigmaTm of the temperature of inhalation of air after the cylinder [ i-th ] inlet valve 6 opens.

[0048]

On the other hand, when judged with it being a time of clausilium of the inlet valve 6 being carried out for the time of this actuation in step 104, it progresses to step 113. Let the value which did the

division of the addition value  $\sigma_{amt}$  of the throttle-valve passage air flow rate in an inlet-valve 6 valve-opening period with the value  $m$  of a valve-opening counter be the average throttle-valve passage air flow rate  $m_{tave}$  at step 113. This average throttle-valve passage air flow rate  $m_{tave}$  expresses the average of the throttle-valve passage air flow rate in the valve-opening period of an inlet valve 6. Moreover, the value which did the division of the addition value  $\sigma_{Tm}$  of the temperature of inhalation of air in an inlet-valve 6 valve-opening period with the value  $m$  of a valve-opening counter is made into the temperature  $T_{mave}$  of average inhalation of air. This temperature  $T_{mave}$  of average inhalation of air expresses the average of the temperature of inhalation of air in the valve-opening period of an inlet valve 6.

[0049]

Subsequently, at step 114, the value which subtracted the minimum value  $P_{mmin}$  of the pressure of inhalation of air updated in step 111 from the maximum  $P_{mmax}$  of the pressure of inhalation of air updated in step 109 is set to amount of pressure drawdowns of inhalation of air  $\Delta P_{mdwn}$  ( $\Delta P_{mdwn} = P_{mmax} - P_{mmin}$ ). At step 115, the value which subtracted the maximum time of day  $t_{max}$  updated in step 109 from the minimum value time of day  $t_{min}$  updated in step 111 is set to  $\Delta t_{dwn}$  ( $\Delta t_{dwn} = t_{min} - t_{max}$ ).

[0050]

At step 116, the restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder to the cylinder [  $i$ -th ] combustion chamber 5 is computed by substituting for a formula (6)  $m_{tave}$  and  $T_{mave}$  which were computed at steps 113-115,  $\Delta P_{mdwn}$ , and  $\Delta t_{dwn}$ . Subsequently, at step 117, the value of Counters  $n$  and  $m$  is reset by zero, the value of  $P_{mmin}$  is reset by infinity and the value of addition value  $\sigma_{amt}$  and  $\sigma_{Tm}$  is reset for the value of  $P_{mmax}$  by zero at zero, respectively.

[0051]

By the way, in the control unit of the internal combustion engine of this operation gestalt, the fuel oil consumption from the fuel injection valve 11 injected into the  $i$ -th cylinder so that the air-fuel ratio of the gaseous mixture in the  $i$ -th cylinder may turn into a target air-fuel ratio is defined based on the cylinder [ which was presumed as mentioned above /  $i$ -th ] restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder. A target air-fuel ratio is determined by ECU31 based on engine operational status (for example, an engine rotational frequency and an engine load) etc. thereby, in agreement [ in the air-fuel ratio of gaseous mixture / almost correctly ] with a target air-fuel ratio about all gas columns, even if dispersion in the restoration air content in a cylinder arises between gas columns -- it can make -- exhaust air -- aggravation of description can be controlled.

[0052]

However, if dispersion in the restoration air content in a cylinder arises between gas columns when fuel oil consumption is determined in this way, the fuel oil consumption injected from a fuel injection valve 11 between gas columns will differ. For this reason, the combustion energy ("combustion energy" is only called hereafter) which contributes to generating by combustion of a fuel and depressing a piston 3 will also differ between gas columns, and, therefore, torque fluctuation will produce it. Therefore, in order to control generating of torque fluctuation, it is necessary to make it combustion energy become equal between gas columns in addition to determining fuel oil consumption that the air-fuel ratio of the gaseous mixture in each gas column will turn into a target air-fuel ratio as mentioned above.

[0053]

So, with this operation gestalt, combustion energy is arranged with homogeneity between gas columns by adjusting the ignition timing by the ignition plug 10 for every gas column. This situation is explained taking the case of the 1st cylinder and the 2nd cylinder with reference to drawing 5. Drawing 5 shows the relation of the ignition timing and combustion energy in each gas column. TDC shows the compression top dead center in each gas column among drawing.

[0054]

The case where dispersion in the restoration air content in a cylinder is between the 1st cylinder and the 2nd cylinder, there are few cylinder [ 1st ] restoration air contents in a cylinder than the cylinder [ 2nd ] restoration air content in a cylinder, the relation of the ignition timing and combustion energy in the 1st cylinder becomes like continuous-line #1 as shown in drawing 5, and the relation of the ignition timing and combustion energy in the 2nd cylinder has become like continuous-line #2 is

considered.

[0055]

In this case, it is the target ignition timing (CA1 in drawing.) most computed by the ignition timing 31 by the side of a tooth lead angle, i.e., ECU, in the range which is not generated, such as knocking, about the 1st cylinder. Hereafter, ignition according to an ignition plug 10 for calling "the 1st ignition timing" is performed. If ignition is performed about the 2nd cylinder at the same ignition timing as the 1st ignition timing CA 1 at this time, the combustion energy to generate will become larger than a cylinder [ 1st ] thing. Therefore, it is the ignition timing when the almost same combustion energy as the combustion energy generated in the 2nd cylinder when ignition is performed in the 1st cylinder at the 1st ignition timing CA 1 occurs, and is the ignition timing by the side of a lag (CA2 in drawing.) from the 1st ignition timing CA 1. Hereafter, ignition is performed for calling it "the 2nd ignition timing." the combustion energy generated in each gas column by carrying out like this, maintaining the air-fuel ratio of gaseous mixture at homogeneity mostly between gas columns -- between gas columns -- almost -- homogeneity -- it can maintain -- therefore -- exhaust air -- torque fluctuation can be controlled, controlling aggravation of description.

[0056]

in addition, although only the 1st cylinder and the 2nd cylinder were made into the example and the above-mentioned explanation explained it, it is carried out about all gas columns (this operation gestalt -- like -- the case of a 4-cylinder -- all 4-cylinders). Therefore, the ignition timing of other gas columns is set as the combustion energy which ignition timing of a gas column with few restoration air contents in a cylinder is made target ignition timing among all gas columns, and is generated in the gas column becoming equal to the combustion energy generated in other gas columns.

[0057]

With reference to drawing 6, the operating procedure which sets the fuel oil consumption and ignition timing in each gas column is explained. In addition, this actuation is performed for every gas column and every cycle. First, in step 121, the target air-fuel ratio  $A_{ft}$  and the target ignition timing  $CA_{inj}$  which were computed by ECU31 based on engine operational status, such as an engine rotational frequency and an engine load, are acquired. Subsequently, at step 122, the cylinder [ which was computed by the actuation shown in drawing 4 / i-th ] restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder is acquired.

[0058]

At step 123, after acquiring the cylinder [ i-th ] restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder in a front cycle, the smallest restoration air content  $M_{cmin}$  in a cylinder ("the restoration air content in the minimum cylinder" is called hereafter) is computed about all gas columns. For example, when there are few cylinder [ 1st ] restoration air contents  $M_{c1}$  in a cylinder than the restoration air content in a cylinder to all other gas columns, the restoration air content  $M_{cmin}$  in the minimum cylinder turns into the cylinder [ 1st ] restoration air content  $M_{c1}$  in a cylinder. Subsequently, at step 124, the value which did the division of the cylinder [ which was acquired in step 122 / i-th ] restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder with the target air-fuel ratio  $A_{ft}$  acquired in step 121 is made into the fuel oil consumption  $TAU_i$  in the i-th cylinder ( $TAU_i = M_{ci} / A_{ft}$ ), and the fuel of this fuel oil consumption  $TAU_i$  is injected from the cylinder [ i-th ] fuel injection valve 11 at the time of fuel injection.

[0059]

At step 125, amount of lags  $\Delta CA_{inji}$  of the ignition timing in the i-th cylinder is computed based on the difference which subtracted the restoration air content  $M_{cmin}$  in the minimum cylinder acquired at step 123 from the cylinder [ which was acquired at step 122 / i-th ] restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder. in addition, amount of lags  $\Delta CA_{inji}$  and the above -- the relation with difference is beforehand computed by count experimentally, it is saved at ROM34 of ECU31, and this map is used in calculation of amount of lags  $\Delta CA_{inji}$  in step 125. the case where the cylinder [ i-th ] restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder is the restoration air content  $M_{cmin}$  in the minimum cylinder -- the above -- difference is zero and also let amount of lags  $\Delta CA_{inji}$  of the ignition timing in the i-th cylinder be zero. Subsequently, let the value to which amount of lags  $\Delta CA_{inji}$  of the ignition timing in the i-th cylinder computed at step 125 at the target ignition timing  $CA_{inj}$  was added be the cylinder [ i-th ] ignition timing  $CA_{inji}$  at step 126 ( $CA_{inji} = CA_{inj} + \Delta CA_{inji}$ ). Thus, the cylinder [ i-th ] ignition plug 10 is lit at the computed cylinder [ i-th ] ignition timing

CAinji.

[0060]

Next, the control unit of the second operation gestalt of this invention is explained. Although the control unit of the second operation gestalt is the same as the control unit of the first operation gestalt fundamentally, the operating procedure of presumption of the cylinder [ i-th ] restoration air content in a cylinder differs.

[0061]

By the way, since the noise is contained in the output of the pressure sensor 40 of inhalation of air, an error may arise in the value of amount of pressure drawdowns of inhalation of air  $\Delta P_{dwn}$  computed based on the output of the pressure sensor 40 of inhalation of air. In connection with this, an error may arise also in the value of the restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder computed using the value of this  $\Delta P_{dwn}$ . If fuel oil consumption etc. is defined based on the restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder including such an error, the actual air-fuel ratio of gaseous mixture will stop being in agreement with a target air-fuel ratio.

[0062]

So, with this operation gestalt, the error of the restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder which was mentioned above is corrected by taking the value ("the restoration air content  $M_{ciave}$  in an average cylinder" being called hereafter) which continued for two or more cycles and equalized the restoration air content in a cylinder computed by actuation of drawing 4 about each gas column. And fuel oil consumption etc. is defined based on this restoration air content  $M_{ciave}$  in an average cylinder. Even if an error arises in the value of  $\Delta P_{mdwn}$  by this by containing a noise in the output of the pressure sensor 40 of inhalation of air etc., effect of with error to the restoration air content in a cylinder presumed can be made small, and, therefore, the actual air-fuel ratio of gaseous mixture can be made mostly in agreement with a target air-fuel ratio.

[0063]

With reference to drawing 7, the operating procedure which equalizes and presumes the cylinder [ i-th ] restoration air content in a cylinder between cycles is explained. In addition, since it is the same as that of step 101 of drawing 4 - step 115, and step 117 respectively, step 141 - step 155, and step 159 omit explanation.

[0064]

At step 156, 1 is added to the value  $cyc$  of a cycle counter. A cycle counter is a counter showing the number of cycles from an engine start up. Subsequently, at step 157, the restoration air content  $M_{ci}$  ( $cyc$ ) in a cylinder in this cycle  $cyc$  is computed by the above-mentioned formula (5) like step 116 of drawing 4.

[0065]

Subsequently, at step 158, as shown in the following formula (7), the value to which only the predetermined number  $N_{ave}$  did the division of the sum total of the restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder from the front cycle ( $cyc - N_{ave}$ ) to this cycle  $cyc$  with the predetermined number  $N_{ave}$  from this cycle  $cyc$  is computed as a restoration air content  $M_{ciave}$  in an average cylinder.

[Equation 6]

$$M_{ciave} = \frac{\sum_{k=cyc-N_{ave}}^{cyc} M_{ci}(k)}{N_{ave}} \quad \dots (7)$$

Here, a predetermined number  $N_{ave}$  is the value defined beforehand. With this operation gestalt, this restoration air content  $M_{ciave}$  in an average cylinder is used in step 122 of drawing 6, and is used for computing the fuel oil consumption of the i-th cylinder, and ignition timing.

[0066]

In addition, with the second operation gestalt, actuation shown in drawing 7 instead of the actuation shown in drawing 4 is performed, and actuation in the first operation gestalt and same actuation are performed except it. Moreover, although the restoration air content  $M_{ciave}$  in an average cylinder is made into the average of the restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder of a predetermined number  $N_{ave}$  with the above-mentioned operation gestalt, it is good also as other values, such as a weighted average efficiency.

[0067]

Next, the control unit of the internal combustion engine of the third operation gestalt of this invention is explained. Although the control device of the third operation gestalt is the same as the control device of the first operation gestalt fundamentally, the temperature sensor 41 of inhalation of air is not attached in the inlet pipe containing a surge tank 14 of the inhalation-of-air upstream of a part for an inhalation-of-air tube part, or a throttle valve 18. Hereafter, with reference to drawing 8, the presumed approach of the restoration air content in a cylinder in the third operation gestalt is explained. In addition, drawing 8 is the same drawing as drawing 3.

[0068]

By the way, if a throttle-valve passage air flow rate when the pressure of inhalation of air is descending is set to  $mt_{dwn}$ , the above-mentioned formula (6) can be expressed like the following type (8).

[Equation 7]

$$M_{ci} = \Delta P m_{dwn} / \left( \frac{Ra \cdot T_m}{V_m} \right) + m_{dwn} \cdot \Delta t_{dwn} \quad \dots (8)$$

Here, as the gas column which an inlet valve 6 opens cylinder [ i-th ] ago is made into the h-th cylinder and it was shown in drawing 8, after the pressure of inhalation of air takes the minimum value about the inhalation to the h-th cylinder, a period until the pressure of inhalation of air takes maximum about the inhalation to the i-th cylinder is defined as  $\Delta t_{up}$ , and the amount of rises of the pressure of inhalation of air in this period is defined as  $\Delta P_{mup}$ .

[0069]

Thus, when  $\Delta P_{mup}$  is defined, the restoration air content in a cylinder (the h-th cylinder in the period when the pressure of inhalation of air is rising, and the i-th cylinder) can be approximated if equal to about 0. For this reason, the above-mentioned formula (3) can deform like the following type (9), and if a throttle-valve passage air flow rate when the pressure of inhalation of air is rising is set to  $mt_{up}$ , it can deform like the following formula (10).

[Equation 8]

$$\Delta P_{mup} = \frac{Ra \cdot T_m}{V_m} \int_0^{\Delta t_{up}} m_t dt \quad \dots (9)$$

$$\Delta P_{mup} = \frac{Ra \cdot T_m}{V_m} m_{tup} \cdot \Delta t_{up} \quad \dots (10)$$

If this formula (10) is transformed and it substitutes for a formula (8), the following formula (11) can

be obtained.  
[Equation 9]

$$M_{ci} = m_{tup} \cdot \Delta t_{up} \frac{\Delta P_{mdwn}}{\Delta P_{mup}} + m_{tdwn} \cdot \Delta t_{dwn} \quad \dots (11)$$

[0070]

Namely, amount of descent  $\Delta P_{mdwn}$  of the pressure of inhalation of air by opening the cylinder [ i-th ] inlet valve 6 according to the formula (11), The throttle-valve passage air flow rate  $m_{tdwn}$  when decay time  $\Delta t_{dwn}$  of the pressure of inhalation of air and the pressure of inhalation of air are descending The cylinder [ i-th ] restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder is computable from the throttle-valve passage air flow rate  $m_{tup}$  when amount of rises  $\Delta P_{mup}$  of the pressure of inhalation of air before opening the cylinder [ i-th ] inlet valve 6, rise-time  $\Delta t_{up}$  of the pressure of inhalation of air, and the pressure of inhalation of air are rising.

[0071]

Therefore, according to the third operation gestalt, when the valve-opening stage of the inlet valve 6 of each gas column does not overlap, it sets. By detecting and computing  $\Delta P_{mup}$  and  $\Delta t_{up}$  by the detection / calculation approach of  $\Delta P_{mdwn}$  in the first operation gestalt, and  $\Delta t_{dwn}$ , and the same approach The restoration air content in a cylinder to each gas column can be computed without using what kind of temperature sensor, and, therefore, reduction of a manufacturing cost can be aimed at.

[0072]

In addition, although [ the above-mentioned operation gestalt ] the cylinder [ i-th ] restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder is computed based on amount of descent  $\Delta P_{mdwn}$  of the pressure of inhalation of air by opening the cylinder [ i-th ] inlet valve 6, and amount of rises  $\Delta P_{mup}$  of the pressure of inhalation of air before opening the cylinder [ i-th ] inlet valve 6 Instead of amount of rises  $\Delta P_{mup}$  of the pressure of inhalation of air before opening the cylinder [ i-th ] inlet valve 6, you may compute based on amount of rises  $\Delta P_{mup}$  of the inhalation-of-air guidance pressure after opening the cylinder [ i-th ] inlet valve 6.

[0073]

Next, the control unit of the internal combustion engine of the fourth operation gestalt of this invention is explained. The control unit of the first operation gestalt is used about the case where the valve-opening stage of the inlet valve 6 of each gas column does not overlap fundamentally. However, if the control unit of the first operation gestalt is used about the case where the valve-opening stage of the inlet valve 6 of each gas column overlaps, the error of the restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder to each gas column computed will become large.

[0074]

That is, as explained using drawing 3 (a), in the first operation gestalt, the restoration air content in a cylinder serves as approximate value which disregarded the capacity equivalent to area C as very small. However, when the valve-opening stage of the inlet valve 6 between gas columns overlaps, as shown in drawing 9, the throttle-valve passage air flow rate  $m_t$  is large, and it is so large that the capacity which is therefore equivalent to area C cannot be disregarded.

[0075]

So, with the fourth operation gestalt, it is supposed that any capacity other than the capacity which is equivalent to area A among the restoration air contents  $M_{ci}$  in a cylinder to each gas column is not calculated as a rectangular area like the first operation gestalt, but is calculated as a trapezoid area. That is,  $m_t - (\Delta t_{dwn} + \Delta t_{ioc}) / 2$  are used instead of  $m_t - \Delta t_{dwn}$  in the formula (6) in the first operation gestalt.  $\Delta t_{dwn}$  is the time amount during the minimum value time of day  $t_{min}$  when taking the maximum time of day  $t_{max}$  and the minimum value  $P_{min}$  as mentioned above, in case

the pressure of inhalation of air takes Maximum  $P_{mmax}$  here ( $\Delta t_{atdwn} = t_{min} - t_{max}$ ).  $\Delta t_{atoc}$  is the time amount between the time of day (valve-opening stage)  $t_{io}$  which the cylinder [ i-th ] inlet valve 6 opens, and the time of day (clausilium stage)  $t_{ic}$  which an inlet valve 6 closes, i.e., the time amount which the cylinder [ i-th ] inlet valve 6 is opening, ( $\Delta t_{atoc} = t_{ic} - t_{io}$ ). Therefore, with the fourth operation gestalt, the above-mentioned formula (6) is rewritten like the following formula (12), and is used.

[Equation 10]

$$M_{ci} = \Delta P_{mdwn} / \left( \frac{Ra \cdot T_m}{V_m} \right) + m_t \cdot \frac{\Delta t_{dwn} + \Delta t_i}{2} \quad \dots (12)$$

[0076]

By the formula (12), the capacity with which the term containing  $\Delta P_{mdwn}$  is equivalent to the area A in drawing 10 (b) is expressed, and since the capacity with which the term containing  $m_t$  is equivalent to the area B in drawing 10 (b) is expressed, the cylinder [ i-th ] restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder serves as a value adding the area A and area B in drawing 10 (b). The great portion of capacity equivalent to the area C shown in drawing 9 can be included in the restoration air content in a cylinder by calculating capacity other than the capacity equivalent to area B as a trapezoid so that drawing 10 (a) may show. Therefore, according to this operation gestalt, the restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder serves as a value which expresses more correctly the capacity with which it filled up in the cylinder [ i-th ] combustion chamber 5 during the cylinder [ i-th ] valve-opening period of an inlet valve 6, and even if it is the case where the valve-opening stage of the inlet valve 6 of each gas column overlaps, the presumed error of the restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder can be suppressed small.

In addition, you may make it the control unit of the fourth operation gestalt calculate the restoration air content in an average cylinder combining the control unit of not only the first operation gestalt but the second operation gestalt.

[0077]

Next, the control unit of the internal combustion engine of the fifth operation gestalt of this invention is explained. The control unit of the fifth operation gestalt is the same as the control unit of the first operation gestalt fundamentally. By the way, when the operation parameter of internal combustion engines, such as an engine rotational frequency, a phase angle of an inlet valve, and a pressure of inhalation of air, is the same respectively, the cylinder [ i-th ] restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder is determined as a meaning with the working angle of the cylinder [ i-th ] inlet valve 6. For example, when operation parameters other than a working angle are fixed, the relation between the restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder and an actual working angle serves as a curve as shown in drawing 11. Operation parameters other than a working angle in therefore, the condition of having fixed to the specific value or the value of the near, respectively the [ above-mentioned ] -- the actuation ("air content presumption actuation" is called hereafter) in the third operation gestalt from the 1 first operation gestalt -- based on a map as shown in drawing 11, the actual working angle of the cylinder [ i-th ] inlet valve 6 can be presumed from the cylinder [ which was therefore presumed / i-th ] restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder.

[0078]

With this operation gestalt, it asks for a curve as shown in drawing 11 of the restoration air content in a cylinder and a working angle in case operation parameters other than a working angle (for example, an engine rotational frequency, the phase angle of an inlet valve 6, the average of the pressure of inhalation of air) take a specific value or the value of the near by count experimentally beforehand, and, specifically, saves as a map as shown in drawing 11 at ROM34 of ECU31. And when operation parameters other than a working angle have taken the above-mentioned specific

value or the value of the near during operation of an internal combustion engine, the restoration air content Mci in a cylinder to each gas column is presumed by the above-mentioned air content presumption actuation. The actual working angle of an inlet valve 6 is computed from the restoration air content Mci in a cylinder to each presumed gas column, and the map saved at the above ROM 34. Thereby, according to this operation gestalt, the actual working angle of an inlet valve 6 can be computed comparatively correctly.

[0079]

By the way, since an inlet valve 6 is driven, when the good fluctuation valve system (not shown) of the electromagnetic inlet valve 6 is prepared, a gap will arise between the target working angle ordered by degradation of the spring used into a good fluctuation valve system etc. from ECU31 to a good fluctuation valve system, and the actual working angle of an inlet valve 6. Moreover, when the inlet valve 6 is driving by the mechanical good fluctuation valve system, a gap will arise between the target working angle ordered by wear of the cam used for a good fluctuation valve system etc. from ECU31 to a good fluctuation valve system, and the actual working angle of an inlet valve 6. if such a gap arises -- the working angle of an inlet valve 6 -- suitable -- being uncontrollable -- becoming -- an engine output, fuel consumption, or exhaust air -- aggravation of description will be caused.

[0080]

So, when the actual working angle presumed based on air content presumption actuation differs from the target working angle ordered from ECU31 to the good fluctuation valve system, it is made to always make the actual working angle of an inlet valve 6 in agreement [ by carrying out amendment which compensates the difference of the actual working angle and target working angle which were presumed ] with a target working angle with this operation gestalt.

[0081]

For example, such difference is computed when the actual working angle and target working angle which were presumed differ from each other. And a target working angle is ordered from ECU31 on and after next time in the value to which the difference by which calculation was carried out [ above-mentioned ] was added to a good fluctuation valve system.

[0082]

therefore, the thing which is controlled to always make the actual working angle of an inlet valve 6 in agreement with a target working angle according to the fifth operation gestalt -- an engine output, fuel consumption, or exhaust air -- aggravation of description can be controlled.

[0083]

Next, the control unit of the internal combustion engine of the sixth operation gestalt of this invention is explained. The control unit of the internal combustion engine of the sixth operation gestalt is the same as that of the first operation gestalt fundamentally.

[0084]

By the way, in the third operation gestalt, the restoration air content in a cylinder which can be presumed by air content presumption actuation is a thing in front of 1 cycle based on the output from the pressure sensor 40 of inhalation of air from the first operation gestalt. That is, with the above-mentioned operation gestalt, fuel oil consumption etc. is computed based on the restoration air content in a cylinder in front of 1 cycle. Since presumption of the restoration air content in a cylinder is performed after filling up with inhalation-of-air gas in a cylinder completely, this is because fuel oil consumption etc. cannot be determined based on the restoration air content in a cylinder in the same cycle as having presumed the restoration air content in a cylinder. Therefore, from the first operation gestalt, in the third operation gestalt, fluctuation of the restoration air content in a cylinder is small between cycles, or when there is almost nothing (i.e., only when engine operational status is in a steady state), fuel oil consumption etc. can be determined based on the computed restoration air content in a cylinder. However, when engine operational status is in a transient and it changes the restoration air content in a cylinder sharply between cycles, the restoration air content in a cylinder presumed by air content presumption actuation in the third operation gestalt from the above-mentioned first operation gestalt cannot be used. When engine operational status is in a transient, it is necessary to predict the following restoration air content in a cylinder.

[0085]

In order to perform such prediction, the restoration air content model M10 in a cylinder mentioned

later is used. Although it can predict that the restoration air content in a cylinder of degree cycle ("the future restoration air content in a cylinder" is called hereafter) mentions later in this restoration air content model M10 in a cylinder, the restoration air content in a cylinder computed is not the air content for every gas column but the average ("future restoration air content M<sub>cin</sub> average cylinder" is called hereafter) of the restoration air content in a cylinder in all gas columns.

[0086]

So, with this operation gestalt, future restoration air content M<sub>cin</sub> cylinder' for every gas column is computed by amending future restoration air content M<sub>cin</sub> average cylinder' computed with the restoration air content model M10 in a cylinder mentioned later.

[0087]

The average of all the gas columns of the restoration air content in a cylinder presumed by air content presumption actuation in the third operation gestalt from the first operation gestalt is specifically computed, and the deflection of the restoration air content in a cylinder of each gas column to the average of all these gas columns is computed as correction factor  $\eta_{ai}$ . That is, correction factor  $\eta_{ai}$  to the i-th cylinder is the value which did the division of the restoration air content M<sub>ci</sub> in [ of the i-th cylinder ] a cylinder presumed by the above-mentioned air content presumption actuation by the average of all the gas columns of the restoration air content in a cylinder, as shown in the following formula (13).

[Equation 11]

$$\eta_i = \frac{M_{ci}}{\sum M_{ci} / N_{cyl}} \quad \dots (13)$$

In addition, in a formula (13), N<sub>cyl</sub> is the number of gas columns. Moreover,  $\sum M_{ci}$  is the total restoration air content in a cylinder to all the gas columns in 1 cycle, continues for 1 cycle and totals the restoration air content M<sub>ci</sub> in a cylinder presumed by the above-mentioned air content presumption actuation.

[0088]

And the value which carried out the multiplication of the correction factor  $\eta_{ai}$  to the i-th cylinder to future restoration air content M<sub>cin</sub> average cylinder' computed with the restoration air content model M10 in a cylinder mentioned later is made into restoration air content M<sub>cin</sub> cylinder [ i-th ] future cylinder' (M<sub>ci</sub>'= $\eta_{ai}$ -M<sub>c</sub>'). Also when future restoration air content M<sub>cin</sub> cylinder' can be correctly presumed now for every gas column in consideration of dispersion in the restoration air content in a cylinder between each gas column and engine operational status is in a transient by this, it can perform maintaining the air-fuel ratio of the gaseous mixture in each gas column to a target air-fuel ratio etc. In addition, correction factor  $\eta_{ai}$  is serially updated, when engine operational status is in a steady state, and when engine operational status is in a transient, it is considered as [ the value updated at the end in the last steady state ]. This is because the presumed precision of the restoration air content in a cylinder in the transient by the third operation gestalt is low from the first operation gestalt.

[0089]

In addition, it is good also considering correction factor  $\eta_{ai}$  [ as opposed to the i-th cylinder at the above-mentioned sixth operation gestalt ] as the average or the weighted average efficiency of a correction factor between two or more cycles. For example, weighted-average-efficiency  $\eta_{aiave}$  of a correction factor is computed by the following type (14).

[Equation 12]

$$\eta_{iave} = s \cdot \eta_{i(n)} + (1 - s) \cdot \eta_{i(n-1)} \quad \dots (14)$$

Here,  $\eta_{i(n)}$  is the correction factor now computed by the formula (13) in the cycle, and  $\eta_{i(n-1)}$  is the correction factor computed by the formula (13) in the front cycle. Moreover,  $s$  is the weight of a weighted average and is a value with which  $0 \leq s \leq 1$  is filled and which was defined beforehand. Thus, by taking the average or the weighted average efficiency of a correction factor, the error produced by the noise of the pressure sensor 40 of inhalation of air etc. can be compensated.

[0090]

Drawing 12 shows the operating procedure which presumes restoration air content  $M_{ci}$  in cylinder [ i-th ] future cylinder'. This actuation is performed for every gas column. First, in step 161, it is judged whether current engine operational status is a steady state. When engine operational status is judged to be a steady state, the case where operation parameters, such as an engine rotational frequency or an engine load, have fallen within the predetermined range in a fixed period is mentioned. When judged with there being no engine operational status in a steady state, steps 162-165 are not performed. When judged with engine operational status being in a steady state, it progresses to step 162.

[0091]

Renewal of correction factor  $\eta_{iave}$  is performed at steps 162-165. At step 162, the cylinder [ i-th ] restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder is presumed by the above-mentioned air content presumption actuation. Subsequently, in step 163, the total restoration air content  $\sigma M_{ci}$  in a cylinder to all the gas columns in 1 cycle is computed by adding the cylinder [ which was computed at step 162 / i-th ] restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder. Subsequently, at step 164, correction factor  $\eta_{i}$  to the i-th cylinder is computed by the formula (13) based on  $M_{ci}$  presumed in step 162, and  $\sigma M_{ci}$  computed in step 163. At step 165, weighted-average-efficiency  $\eta_{iave}$  of a correction factor to the i-th cylinder is computed by the formula (14) based on correction factor  $\eta_{i}$  computed in step 164 this time and last time.

[0092]

Subsequently, at step 166, future restoration air content  $M_{cin}$  average cylinder' computed with the restoration air content model M10 in a cylinder is acquired. And in step 167, future restoration air content  $M_{cin}$  average cylinder' is made into restoration air content  $M_{ci}$  in cylinder [ i-th ] future cylinder' by carrying out multiplication at weighted-average-efficiency  $\eta_{iave}$  of the correction factor computed in step 165 ( $M_{ci}' = \eta_{iave} \cdot M_{cin}$ ).

[0093]

Next, the control unit of the internal combustion engine of the seventh operation gestalt of this invention is explained. Although the control unit of the seventh operation gestalt is the same as the control unit of the sixth operation gestalt fundamentally As opposed to having carried out the multiplication of the correction factor  $\eta_{i}$  for every gas column to future restoration air content  $M_{cin}$  average cylinder' computed with the restoration air content model M10 in a cylinder later mentioned with the sixth operation gestalt With this operation gestalt, future restoration air content  $M_{ci}$  in cylinder' for every gas column is computed by adding amendment capacity  $\Delta M_i$  for every gas column to future above-mentioned restoration air content  $M_{cin}$  average cylinder' ( $M_{ci}' = M_{cin} + \Delta M_i$ ).

[0094]

Here, the calculation approach of amendment capacity  $\Delta M_i$  is explained. The deflection of the restoration air content in a cylinder of each gas column to the restoration air content in an average cylinder changes according to the value of an internal combustion engine's operation parameter (for example, a working angle, an engine rotational frequency, a phase angle). For example, when a working angle is large about the same gas column, deflection is small, and when a working angle is

small, deflection is large, when a working angle is taken for an example. Since amendment capacity  $\Delta Mi$  is for compensating this deflection, it needs to determine that it becomes this deflection and the same value. Therefore, when the working angle VL is large, it is necessary to set up amendment capacity, and as shown in drawing 13, when the working angle VL is small, it is necessary, as for the relation between the working angle VL and amendment capacity  $\Delta Mi$ , to set up amendment capacity greatly small.

[0095]

Moreover, the relation between the working angle VL and the above-mentioned deflection changes with extent, such as between gas columns and aging. Therefore, the relation between the working angle VL and amendment capacity  $\Delta Mi$  turns into various relation between gas columns and by aging etc. similarly like o, p, and q which were shown in drawing 13.

[0096]

So, with this operation gestalt, first, it asks for the relation between the working angle VL and amendment capacity  $\Delta Mi$  experimentally beforehand, and saves as a map at ROM34 of ECU31. And the working angle VL and the cylinder [ i-th ] restoration air content  $Mci$  in a cylinder at the time at the time of some detection conditions are presumed by air content presumption actuation of the first operation gestalt to the third operation gestalt. and future restoration air content  $Mcin$  average cylinder' computed with the restoration air content model M10 in a cylinder in this cycle from the cylinder [ which was presumed / i-th ] restoration air content  $Mci$  in a cylinder -- subtracting -- the account of a top -- amendment capacity  $\Delta Mi$  in some detection conditions is computed. For example, when the amendment capacity computed when a working angle was VL1 is  $\Delta Mi1$ , as shown in drawing 13, this point is on Curve o, therefore Curve o is adopted as a curve of the amendment capacity about the i-th cylinder.

[0097]

And by the i-th cylinder, amendment capacity  $\Delta Mi$  is computed from the map shown at drawing 13 based on the working angle VL for every cycle after degree cycle, and let future restoration air content  $Mci$  in cylinder' the i-th cylinder be the value with which the above-mentioned amendment capacity  $\Delta Mi$  was added to restoration air content  $Mcin$  average cylinder' ( $Mci' = Mc' + \Delta Mi$ ).

[0098]

Such actuation is performed for every gas column, thereby, dispersion in the restoration air content in a cylinder between each gas column can be compensated, and future restoration air content  $Mci$  in cylinder' can be correctly computed for every gas column.

[0099]

Next, the restoration air content model M10 in a cylinder is explained. In addition, below,  $Mc'$  and the intake air flow in an average cylinder are made into  $mc'$  for the restoration air content in an average cylinder computed with the restoration air content model M10 in a cylinder.

[0100]

The restoration air content model M10 in a cylinder is equipped with the electronics control throttle model M11, the throttle model M12, the inlet-pipe model M13, and the inlet-valve model M14 as shown in drawing 14. The accelerator pedal control input Accp detected by the load sensor 46 is inputted into the electronics control throttle model M11, and throttle opening ("read-ahead throttle opening" is called hereafter)  $\theta_{at}$  to which the actual throttle valve 18 reaches after predetermined time  $\Delta T$  is outputted to it. Read-ahead throttle opening  $\theta_{at}$  outputted to the throttle model M12 from the electronics control throttle model M11, Atmospheric pressure of the perimeter of an internal combustion engine detected by the atmospheric pressure sensor 44 () Or the pressure  $P_a$  of the air inhaled by the inlet pipe 15 and atmospheric temperature of the perimeter of an internal combustion engine detected by the atmospheric temperature sensor 43 () Or the temperature  $T_a$  of the air inhaled by the inlet pipe 15 and the pressure  $P_m$  in the inhalation-of-air branch pipe 13 computed in the inlet-pipe model M13 mentioned later (pressure of inhalation of air) are inputted. By substituting for the model type of the throttle model M12 which mentions the value of each these-inputted parameter later, the flow rate ("the throttle-valve passage air flow rate  $m_t$ " is called hereafter) of the air which passes a throttle valve 18 to per unit time amount is computed. The throttle-valve passage air flow rate  $m_t$  computed in the throttle model M12 is inputted into the inlet-pipe model M13.

[0101]

The throttle-valve passage air flow rate  $mt$  computed in the throttle model M12 by the inlet-pipe model M13, and the flow rate of the inhalation-of-air gas which flows into per [ which is explained in full detail below ] unit time amount in a combustion chamber 5 ("intake-air-flow  $m_{cin}$  average cylinder" is called hereafter.) in addition, about the definition of intake-air-flow  $m_{cin}$  average cylinder' the inlet-valve model M14 -- setting -- explaining in full detail -- by substituting for the model type of the inlet-pipe model M13 which is inputted and mentions the value of each these-inputted parameter later The temperature ("the temperature  $T_m$  of inhalation of air" is called hereafter) of the inhalation-of-air gas which exists in the pressure ("the pressure  $P_m$  of inhalation of air" is called hereafter) of the inhalation-of-air gas which exists in the inhalation-of-air branch pipe 13 and a surge tank 14, the inhalation-of-air branch pipe 13, and a surge tank 14 is computed. Both the pressures  $P_m$  of inhalation of air and temperature  $T_m$  of inhalation of air that were computed in the inlet-pipe model M13 are inputted into the inlet-valve model M14, and the pressure  $P_m$  of inhalation of air is further inputted also into the throttle model M12.

[0102]

Intake-air-flow  $m_{cin}$  average cylinder' is computed by the inlet-valve model M14 by substituting for the model type of the inlet-valve model M14 with which the atmospheric temperature  $T_a$  other than the pressure  $P_m$  of inhalation of air computed in the inlet-pipe model M13 and the temperature  $T_m$  of inhalation of air is inputted, and mentions the value of each these-inputted parameter later. Computed intake-air-flow  $m_{cin}$  average cylinder' is changed into restoration air content  $M_{cin}$  average cylinder', and the fuel oil consumption from a fuel injection valve is determined based on this restoration air content  $M_{cin}$  average cylinder'. Moreover, intake-air-flow  $m_{cin}$  average cylinder' computed in the inlet-pipe model M13 is inputted into the inlet-pipe model M13.

[0103]

Since the value of the parameter computed in a certain model in the restoration air content model M10 in a cylinder is used as an input value to another model so that drawing 14 may show, in the restoration air content model M10 in a cylinder whole, the values actually inputted are only three parameters, throttle opening  $\theta_{tat}$ , atmospheric pressure  $P_a$ , and atmospheric temperature  $T_a$ , and restoration air content  $M_{cin}$  average cylinder' is computed from these three parameters.

[0104]

Next, each models M11-M14 of the restoration air content model M10 in a cylinder are explained.

[0105]

The electronics control throttle model M11 is a model which presumes throttle opening ("read-ahead throttle opening" is called hereafter)  $\theta_{tat}$  to which the actual throttle valve 18 reaches after predetermined time  $\Delta T$  based on the accelerator pedal control input  $Accp$  detected by the load sensor 46. In this operation gestalt, throttle opening  $\theta_{tat}$  is called for based on the map which specifies the relation between the accelerator pedal control input  $Accp$  shown in the accelerator pedal control input  $Accp$  detected by the load sensor 46 by throttle-valve electronics control logic, and drawing 15, and target throttle opening  $\theta_{tar}$ . Thus, called-for throttle opening  $\theta_{tat}$  is sent to the throttle model M12. On the other hand, it asks as target throttle opening  $\theta_{tar}$  with the final value from which only predetermined time  $\Delta T$  (for example, 64msec) delayed this throttle opening  $\theta_{tat}$ , and a driving signal is sent out to a step motor 17 so that the actual throttle opening  $TA$  may be set to target throttle opening  $\theta_{tar}$ .

[0106]

Thus, target throttle opening  $\theta_{tar}$  is equal to throttle opening  $\theta_{tat}$  as which only predetermined time  $\Delta T$  was determined according to the accelerator pedal control input  $Accp$  at the last time from this time. Since a throttle valve 18 drives based on target throttle opening  $\theta_{tar}$ , as for throttle opening  $\theta_{tat}$ , only  $\Delta T$  is previous throttle opening from the throttle opening of the actual throttle valve 18. Conversely, if it says, throttle opening  $\theta_{tat}$  is the throttle opening to which the actual throttle valve 18 reaches after predetermined time  $\Delta T$ .

[0107]

In the throttle model M12, the throttle-valve passage air flow rate  $mt$  is computed based on the following formula (15) from read-ahead throttle opening  $\theta_{tat}$  outputted from an atmospheric pressure  $P_a$ , atmospheric temperature  $T_a$ , the pressure  $P_m$  of inhalation of air, and the electronics

control throttle model M11. Here,  $\mu$  in a formula (15) is a flow coefficient in a throttle valve, is the function of throttle opening  $\theta$  and becomes settled from a map as therefore shown in drawing 16. Moreover,  $A_t$  shows the opening cross section of a throttle valve, is the function of throttle opening  $\theta$  and becomes settled from a map as shown in drawing 17. In addition,  $\mu \cdot A_t$  which summarized these flow coefficients  $\mu$  and the opening cross section  $A_t$  may be made to be found on one map from throttle opening  $\theta$ . Moreover,  $R_a$  is a constant about a gas constant and is the value which did the division of the gas constant with the mass  $M$  of the gas per mol (air) in fact. [Equation 13]

$$m_t = \mu \cdot A_t \cdot \frac{P_a}{\sqrt{R_a \cdot T_a}} \cdot \Phi\left(\frac{P_m}{P_a}\right) \quad \dots (15)$$

[0108]

Moreover,  $\Phi(P_m/P_a)$  is the function shown in the following type (16), and  $\kappa$  in this formula (16) is the ratio of specific heat (it considers as constant value). Since this function  $\Phi(P_m/P_a)$  can be expressed with a graph as shown in drawing 18, it saves by using such a graph as a map at ROM34 of ECU31, and does not calculate using a formula (16) in fact, but you may make it calculate the value of  $\Phi(P_m/P_a)$  from a map.

[Equation 14]

$$\Phi\left(\frac{P_m}{P_a}\right) = \begin{cases} \sqrt{\frac{\kappa}{2(\kappa+1)}} & \dots \frac{P_m}{P_a} \leq \frac{1}{\kappa+1} \\ \sqrt{\left\{\left(\frac{\kappa-1}{2\kappa}\right) \cdot \left(1 - \frac{P_m}{P_a}\right) + \frac{P_m}{P_a}\right\} \cdot \left(1 - \frac{P_m}{P_a}\right)} & \dots \frac{P_m}{P_a} > \frac{1}{\kappa+1} \end{cases} \quad \dots (16)$$

[0109]

The formula (15) and formula (16) of these throttle model M12 Atmospheric temperature  $T_a$  and the pressure of the gas of the lower stream of a river of a throttle valve 18 are made [ the pressure of the gas of the throttle-valve 18 upstream ] into the pressure  $P_m$  of inhalation of air for the temperature of the gas of atmospheric pressure  $P_a$  and the throttle-valve 18 upstream. To the model of a throttle valve 18 as shown in drawing 19, the conservation of mass, the law of conservation of energy, and a law of conservation of momentum are applied, and it is obtained by using a gaseous equation of state, the definition equation of the ratio of specific heat, and a Mayer's relation equation further.

[0110]

In the inlet-pipe model M13, the pressure  $P_m$  of inhalation of air and the temperature  $T_m$  of inhalation of air are computed based on the following formula (17) and a formula (18) from the throttle-valve passage air flow rate  $m_t$ , intake-air-flow  $m_{cin}$  average cylinder, and atmospheric temperature  $T_a$ . In addition,  $V_m$  in a formula (17) and a formula (18) is a constant equal to the volume of the part ("a part for an inhalation-of-air tube part" is called hereafter) of the inlet-pipe 13 grade from a throttle valve 18 to an inlet valve 6.

[Equation 15]

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{P_m}{T_m} \right) = \frac{R}{V_m} \cdot (m_t - m_c) \quad \dots (17)$$

$$\frac{dP_m}{dt} = \kappa \cdot \frac{Ra}{V_m} \cdot (m_t \cdot Ta - m_c \cdot T_m) \quad \dots (18)$$

[0111]

Here, the inlet-pipe model M13 is explained with reference to drawing 20 . When the total quantity of gas for an inhalation-of-air tube part (the total inhalation-of-air capacity) is set to M, the temporal response of the total quantity of gas M Since it is equal to the flow rate  $m_t$  of the gas which flows into a part for an inhalation-of-air tube part, i.e., a throttle-valve passage air flow rate, and the flow rate of the gas which flows out of a part for an inhalation-of-air tube part, i.e., a difference with intake-air-flow  $m_{cin}$  average cylinder', The following equation (19) is obtained by the conservation of mass, and an equation (17) is obtained from this equation (19) and a gaseous equation of state ( $P_m \cdot V_m = M \cdot R \cdot T_m$ ).

[Equation 16]

$$\frac{dM}{dt} = m_t - m_c \quad \dots (19)$$

[0112]

Moreover, the amount of temporal responses of energy  $M \cdot C_v \cdot T_m$  of the gas for an inhalation-of-air tube part is equal to the difference of the energy of the gas which flows into a part for an inhalation-of-air tube part, and the energy of the gas which flows out of a part for an inhalation-of-air tube part. For this reason, if temperature of the gas which flows out of a part for atmospheric temperature  $T_a$  and an inhalation-of-air tube part the temperature of the gas which flows into a part for an inhalation-of-air tube part is made into the temperature  $T_m$  of inhalation of air, the following equation (20) will be obtained by the law of conservation of energy, and an equation (18) will be obtained from this equation (20) and the equation of state of the above-mentioned gas.

[Equation 17]

$$\frac{d(M \cdot C_v \cdot T_m)}{dt} = C_p \cdot m_t \cdot Ta - C_p \cdot m_c \cdot T_m \quad \dots (20)$$

[0113]

In the inlet-valve model M14, intake-air-flow  $m_{cin}$  average cylinder' is computed based on the following type (21) from the pressure  $P_m$  of inhalation of air, the temperature  $T_m$  of inhalation of air, and atmospheric temperature  $T_a$ . In addition, a in a formula (21) and b are values which become

settled from the phase angle of an inlet valve 6, and a working angle in the case of the internal combustion engine which had the good fluctuation valve system which can change the phase angle (valve timing) and working angle of an inlet valve 6 further from the engine engine speed Ne. [Equation 18]

$$mc = \frac{T_a}{T_m} \cdot (a \cdot P_m - b) \quad \dots (21)$$

[0114]

The inlet-valve model M14 mentioned above is explained with reference to drawing 21. It decides, when an inlet valve 6 closes the valve (at the time of an inhalation-of-air valve-closing valve), and restoration air content M<sub>cin</sub> average cylinder' which is the amount of the inhalation-of-air gas currently generally inhaled in the combustion chamber 5 when an inlet valve 6 closes is proportional to the pressure in the combustion chamber 5 at the time of an inhalation-of-air valve-closing valve. Moreover, it can be considered that the pressure in the combustion chamber 5 at the time of an inhalation-of-air valve-closing valve is equal to the pressure P<sub>m</sub> of the gas of the inlet-valve upstream, i.e., the pressure of inhalation of air. Therefore, restoration air content M<sub>cin</sub> average cylinder' can be approximated if it is proportional to the pressure P<sub>m</sub> of inhalation of air.

[0115]

What equalized the amount of all the inhalation-of-air gas that flows into per unit time amount out of a part for an inhalation-of-air tube part here, Or if what continued like the inhalation-of-air line of one gas column, and equalized the amount of the inhalation-of-air gas inhaled in all the combustion chambers 5 from a part for an inhalation-of-air tube part (a part for 180 degrees of crank angles [ It mentions later. like this operation gestalt ]) is made into intake-air-flow m<sub>cin</sub> average cylinder' (it explains in full detail below) per unit time amount Since restoration air content M<sub>cin</sub> average cylinder' is proportional to the pressure P<sub>m</sub> of inhalation of air, it is thought that intake-air-flow m<sub>cin</sub> average cylinder' is also proportional to the pressure P<sub>m</sub> of inhalation of air. Based on the theory and a rule of thumb, the above-mentioned formula (21) is obtained from this. In addition, the value a in a formula (21) is a proportionality coefficient, and can be found from the three-dimensions map which made the parameter the engine rotational frequency Ne, the amount indicated value VL of lifts of an inlet valve 6, and phase angle indicated value VT of an inlet valve 6. In addition, this three-dimensions map is beforehand called for by count experimentally, and is saved at ROM34 of ECU31. A value b is a value (it is thought that the division was done at delta T180 degrees of time amount which mentions later the amount of burnt gases which remains in a combustion chamber 5 at the time of exhaust valve 8 clausilium) showing the burnt gas which remained in the combustion chamber 5. Moreover, in actual operation, since the temperature T<sub>m</sub> of inhalation of air may change to a transient a lot, the multiplication of T<sub>a</sub>/T<sub>m</sub> drawn based on the theory and a rule of thumb as amendment to this is carried out.

[0116]

Here, with reference to [' / intake-air-flow m<sub>cin</sub> average cylinder ] drawing 22, the case where an internal combustion engine is a 4-cylinder is explained. In addition, drawing 22 is the flow rate of the inhalation-of-air gas by which an axis of abscissa flows into angle of rotation of a crankshaft per unit time amount, and an axis of ordinate actually flows into a combustion chamber 5 from a part for an inhalation-of-air tube part. As shown in drawing 22, in the internal combustion engine of a 4-cylinder, it opens in order of a No. 1 gas column, a No. 3 gas column, a No. 4 gas column, and a No. 2 gas column, and inhalation-of-air gas flows [ an inlet valve 6 ] into the combustion chamber 5 of each gas column from a part for an inhalation-of-air tube part according to the amount of valve opening of the inlet valve 6 corresponding to each gas column. For example, the variation rate of the flow rate of the inhalation-of-air gas which flows in the combustion chamber 5 of each gas column

from a part for an inhalation-of-air tube part is as the broken line having shown to drawing 22 , and the flow rate of the inhalation-of-air gas which synthesizes this and flows into the combustion chamber of all gas columns from the inhalation-of-air branch pipe 13 is as the continuous line having shown to drawing 22 . Moreover, restoration air content  $M_{cin}$  average cylinder' to a No. 1 gas column is as the slash having shown to drawing 22 , for example.

[0117]

On the other hand, it is intake-air-flow  $m_{cin}$  average cylinder' which equalized the amount of the inhalation-of-air gas which flows into the combustion chamber of all gas columns from the inlet pipe shown as the continuous line, and an alternate long and short dash line shows all over drawing. And in the case of a 4-cylinder, what carried out the multiplication of the  $\Delta T_{180}$  degrees of the time amount concerning a crankshaft carrying out 180-degree (namely, include angle which divided include angle of 720 degrees which crankshaft rotates in 1 cycle in 4 stroke type internal combustion engine by number of gas columns) rotation becomes restoration air content  $M_{cin}$  average cylinder' at intake-air-flow  $m_{cin}$  average cylinder' shown with this alternate long and short dash line. Therefore, restoration air content  $M_{cin}$  average cylinder' is computed by carrying out the multiplication of the  $\Delta T_{180}$  degrees to intake-air-flow  $m_{cin}$  average cylinder' computed with the inlet-valve model M14 ( $M_c = m_c$ ,  $\Delta T_{180}$  degrees). In consideration of restoration air content  $M_{cin}$  average cylinder' being proportional to the pressure at the time of an inhalation-of-air valve-closing valve, what carried out the multiplication of the  $\Delta T_{180}$  degrees to intake-air-flow  $m_{cin}$  average cylinder' at the time of an inhalation-of-air valve-closing valve is made more into restoration air content  $M_{cin}$  average cylinder' at a detail.

[0118]

Next, the above-mentioned restoration air content model M10 in a cylinder is mounted in an internal combustion engine's control unit, and the case where restoration air content  $M_{cin}$  average cylinder' is actually computed is explained. Restoration air content  $M_{cin}$  average cylinder' is expressed using the restoration air content model 10 in a cylinder by solving the above-mentioned formula (15), a formula (17), a formula (18), and a formula (21). In this case, these formulas need to be discretized in order to process by ECU31. If a formula (15), a formula (17), a formula (18), and a formula (21) are discretized using time of day  $t$  and count spacing  $\Delta t$ , the following type (22), a formula (23), a formula (24), and a formula (25) will be obtained, respectively. In addition, the temperature  $T_m(t + \Delta t)$  of inhalation of air is computed by the formula (26) from  $P_m/T_m(t + \Delta t)$  computed by the formula (23) and the formula (24), respectively and  $P_m(t + \Delta t)$ .

[Equation 19].

$$m_t(t) = \mu \cdot A_t(\theta(t)) \cdot \frac{P_a}{\sqrt{R \cdot T_a}} \Phi\left(\frac{P_m(t)}{P_a}\right) \quad \dots (22)$$

$$\frac{P_m}{T_m}(t + \Delta t) = \frac{P_m}{T_m}(t) + \Delta t \cdot \frac{R}{V_m} \cdot (m_t(t) - m_c(t)) \quad \dots (23)$$

$$P_m(t + \Delta t) = P_m(t) + \Delta t \cdot \kappa \cdot \frac{R}{V_m} \cdot (m_t(t) \cdot T_a - m_c(t) \cdot T_m(t)) \quad \dots (24)$$

$$m_c(t) = \frac{T_a}{T_m(t)} \cdot (a \cdot P_m(t) - b) \quad \dots (25)$$

$$T_m(t + \Delta t) = \frac{P_m(t + \Delta t)}{P_m/T_m(t + \Delta t)} \quad \dots (26)$$

[0119]

thus, in the mounted restoration air content model M10 in a cylinder The throttle-valve passage air flow rate  $m_t$  in the time of day  $t$  computed by the formula (22) of the throttle model M12 ( $t$ ), Intake-air-flow  $m_{cin}$  average cylinder' ( $t$ ) in the time of day  $t$  computed by the formula (25) of the inlet-valve model M14 It is substituted for the formula (23) and formula (24) of the inlet-pipe model M13, and, thereby, the pressure  $P_m$  of inhalation of air in time-of-day  $t + \Delta t$  ( $t + \Delta t$ ) and the temperature  $T_m$  ( $t + \Delta t$ ) of inhalation of air are computed. Subsequently,  $P_m$  ( $t + \Delta t$ ) and  $T_m$  ( $t + \Delta t$ ) which were computed are substituted for the formula (22) and formula (25) of the throttle model M12 and the inlet-valve model M14, and, thereby, the throttle-valve passage air flow rate  $m_t$  ( $t + \Delta t$ ) in time-of-day  $t + \Delta t$  and intake-air-flow  $m_{cin}$  average cylinder' ( $t + \Delta t$ ) are computed. and -- being such -- count -- repeating -- things -- a read ahead -- a throttle -- opening --  $\theta$  --  $t$  -- atmospheric pressure --  $P_a$  -- and -- atmospheric temperature --  $T_a$  -- from -- arbitration -- time of day --  $t$  -- it can set -- an average -- a cylinder -- inside -- an intake air flow --  $m_c$  -- ' -- computing -- having -- computing -- having had -- an average -- a cylinder -- inside -- an intake air flow --  $m_c$  -- ' -- the above -- time amount --  $\Delta t$  --  $T$  -- 180 -- degree -- multiplication -- carrying out -- things -- arbitration -- time of day --  $t$  -- it can set -- an average -- a cylinder -- inside -- restoration -- an air content --  $M_c$  -- ' -- computing -- having . Since read-ahead throttle opening  $\theta_{t+\Delta t}$  is throttle opening only with early  $\Delta T$  from the throttle opening of the actual throttle valve 18 especially, restoration air content  $M_{cin}$  average cylinder' computed is also a future value.

[0120]

In addition, in the time  $t = 0$  of an internal combustion engine's starting, i.e., time of day, it is supposed that the pressure  $P_m$  of inhalation of air is equal to atmospheric pressure ( $P_m(0) = P_a$ ), it is supposed that the temperature  $T_m$  of inhalation of air is equal to atmospheric temperature ( $T_m(0) = T_a$ ), and the count in each models M11-M13 is started.

[0121]

In addition, although [ the above-mentioned restoration air content model M10 in a cylinder ] atmospheric temperature  $T_a$  and atmospheric pressure  $P_a$  are fixed The value detected in time of day  $t$  by the atmospheric temperature sensor for it being good also as a value which changes with time of day, for example, detecting atmospheric temperature Atmospheric temperature  $T_a(t)$  You may make it substitute for the above-mentioned formula (22), a formula (24), and a formula (25) by making

into atmospheric pressure  $P_a(t)$  the value detected in time of day  $t$  by the atmospheric pressure sensor for detecting atmospheric pressure.

[0122]

In addition, in this specification, the case where engine operational status is in a steady state means operational status which is maintained almost uniformly, without hardly changing an internal combustion engine's operation parameters (for example, an engine rotational frequency, an engine load, the restoration air content in a cylinder, etc.), and, on the other hand, the case where engine operational status is in a transient means operational status to which an internal combustion engine's operation parameter is changed sharply:

[Brief Description of the Drawings]

[0123]

[Drawing 1] It is drawing showing the whole internal combustion engine by which the control unit of the internal combustion engine of this invention is used.

[Drawing 2] It is drawing showing the fundamental concept of the inlet-pipe model of this invention.

[Drawing 3] It is drawing showing change of the flow rate to a crank angle, and change of the pressure of inhalation of air.

[Drawing 4] It is the flow chart which shows the operating procedure of presumption of the restoration air content in a cylinder to each gas column.

[Drawing 5] The relation of the ignition timing and combustion energy in each gas column is shown.

[Drawing 6] It is the flow chart which shows the operating procedure which sets the fuel oil consumption and ignition timing in each gas column.

[Drawing 7] It is the flow chart which shows the operating procedure which equalizes and presumes the restoration air content in a cylinder to each gas column between cycles.

[Drawing 8] It is the same drawing as drawing 3 for explaining the presumed approach of the restoration air content in a cylinder in the third operation gestalt.

[Drawing 9] It is drawing showing change of the flow rate to the crank angle in the case of overlapping the valve-opening stage of the inlet valve 6 between gas columns.

[Drawing 10] It is drawing showing change of the flow rate to a crank angle.

[Drawing 11] It is drawing showing the relation between the amount of filler gas in a cylinder, and a working angle.

[Drawing 12] It is the flow chart which shows the operating procedure which presumes restoration air content  $M_{ci}$  in cylinder [  $i$ -th ] future cylinder'.

[Drawing 13] It is drawing showing the relation between a working angle and amendment capacity  $\Delta M_i$ .

[Drawing 14] It is drawing showing the amount model of inspired gas used by this invention.

[Drawing 15] It is drawing showing the relation between an accelerator pedal control input and target throttle opening.

[Drawing 16] It is drawing showing the relation between throttle opening and a flow coefficient.

[Drawing 17] It is drawing showing the relation between throttle opening and the opening cross section.

[Drawing 18] It is drawing showing Function  $\phi$  ( $P_m/P_a$ ).

[Drawing 19] It is drawing showing the fundamental concept of a throttle model.

[Drawing 20] It is drawing showing the fundamental concept of an inlet-pipe model.

[Drawing 21] It is drawing showing the fundamental concept of an inlet-valve model.

[Drawing 22] It is drawing about the definition of the restoration air content in a cylinder, and the inhalation-of-air capacity in a cylinder.

[Description of Notations]

[0124]

1 -- Engine body

5 -- Combustion chamber

6 -- Inlet valve

7 -- Suction port

- 8 -- Exhaust valve
- 11 -- Fuel injection valve
- 13 -- Downstream inlet pipe
- 14 -- Surge tank
- 15 -- Upstream inlet pipe
- 18 -- Throttle valve
- 19 -- Air flow meter
- 31 -- ECU (electronic control unit)
- 40 -- Pressure sensor of inhalation of air
- 41 -- Temperature sensor of inhalation of air

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

[Brief Description of the Drawings]

[0123]

[Drawing 1] It is drawing showing the whole internal combustion engine by which the control unit of the internal combustion engine of this invention is used.

[Drawing 2] It is drawing showing the fundamental concept of the inlet-pipe model of this invention.

[Drawing 3] It is drawing showing change of the flow rate to a crank angle, and change of the pressure of inhalation of air.

[Drawing 4] It is the flow chart which shows the operating procedure of presumption of the restoration air content in a cylinder to each gas column.

[Drawing 5] The relation of the ignition timing and combustion energy in each gas column is shown.

[Drawing 6] It is the flow chart which shows the operating procedure which sets the fuel oil consumption and ignition timing in each gas column.

[Drawing 7] It is the flow chart which shows the operating procedure which equalizes and presumes the restoration air content in a cylinder to each gas column between cycles.

[Drawing 8] It is the same drawing as drawing 3 for explaining the presumed approach of the restoration air content in a cylinder in the third operation gestalt.

[Drawing 9] It is drawing showing change of the flow rate to the crank angle in the case of overlapping the valve-opening stage of the inlet valve 6 between gas columns.

[Drawing 10] It is drawing showing change of the flow rate to a crank angle.

[Drawing 11] It is drawing showing the relation between the amount of filler gas in a cylinder, and a working angle.

[Drawing 12] It is the flow chart which shows the operating procedure which presumes restoration air content  $M_{ci}$  in cylinder [ i-th ] future cylinder'.

[Drawing 13] It is drawing showing the relation between a working angle and amendment capacity  $\Delta M_i$ .

[Drawing 14] It is drawing showing the amount model of inspired gas used by this invention.

[Drawing 15] It is drawing showing the relation between an accelerator pedal control input and target throttle opening.

[Drawing 16] It is drawing showing the relation between throttle opening and a flow coefficient.

[Drawing 17] It is drawing showing the relation between throttle opening and the opening cross section.

[Drawing 18] It is drawing showing Function  $\phi$  ( $P_m/P_a$ ).

[Drawing 19] It is drawing showing the fundamental concept of a throttle model.

[Drawing 20] It is drawing showing the fundamental concept of an inlet-pipe model.

[Drawing 21] It is drawing showing the fundamental concept of an inlet-valve model.

[Drawing 22] It is drawing about the definition of the restoration air content in a cylinder, and the inhalation-of-air capacity in a cylinder.

---

[Translation done.]

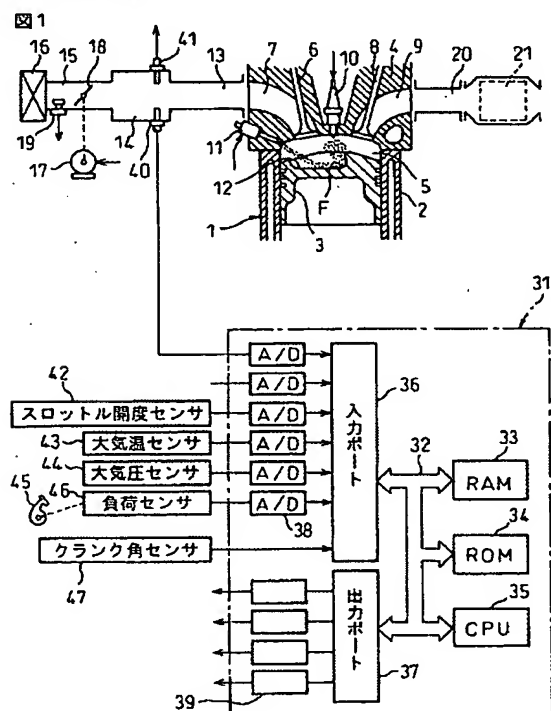
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

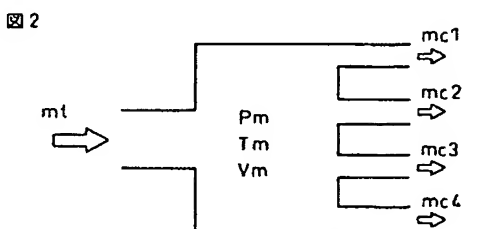
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

[Drawing 1]



[Drawing 2]

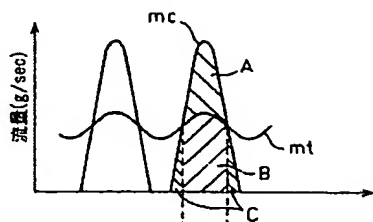


$mt$  : 吸気管に流入する気体の流量(g/sec)  
 $mc_i$  : 吸気管から各気筒へ流出する気体の流量(g/sec)  
 $P_m$  : 吸気管内圧力(Pa)  
 $T_m$  : 吸気管内温度(K)  
 $R_a$  : 気体定数に関する定数  
 $V_m$  : 吸気管部分の容積( $m^3$ )

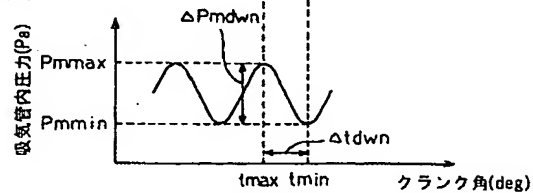
[Drawing 3]

図 3

(a)

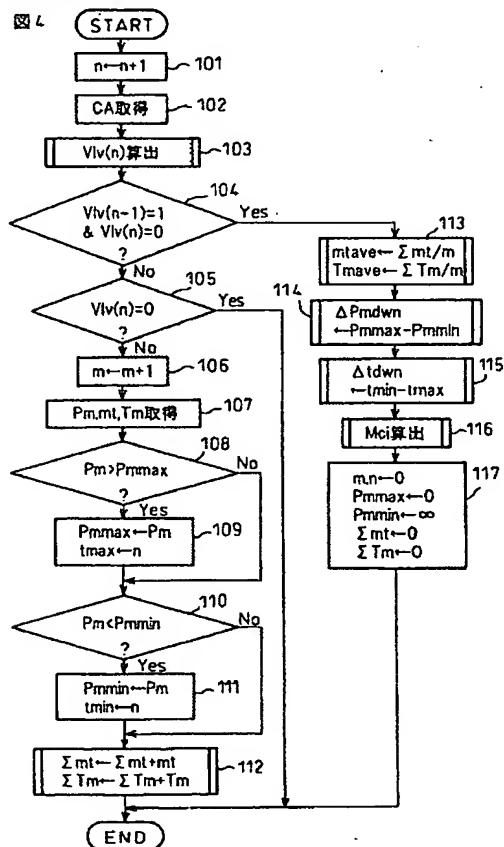


(b)



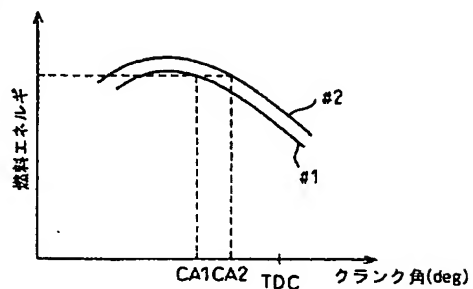
[Drawing 4]

図 4



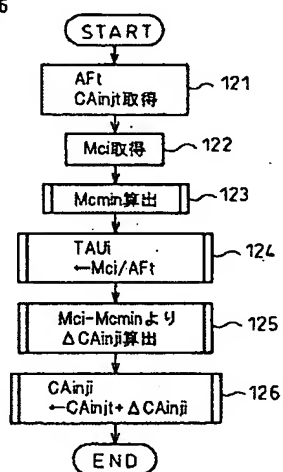
[Drawing 5]

図 5

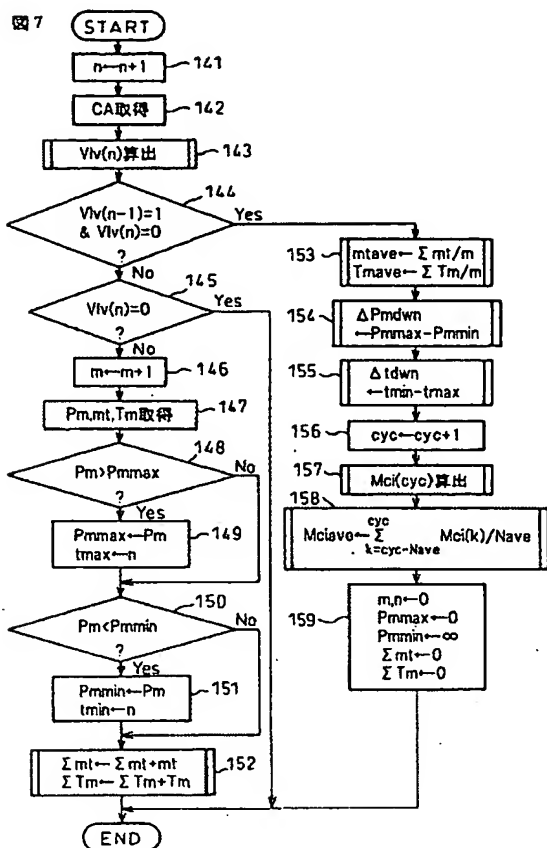


[Drawing 6]

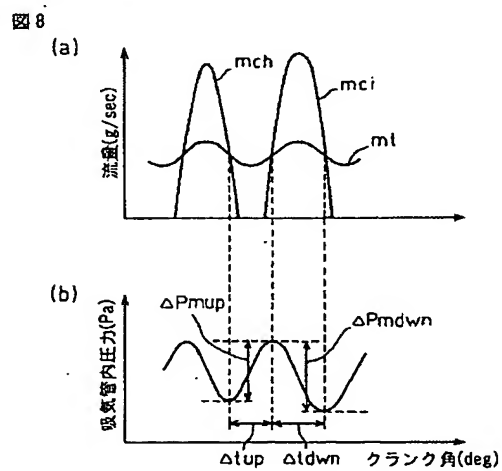
図 6



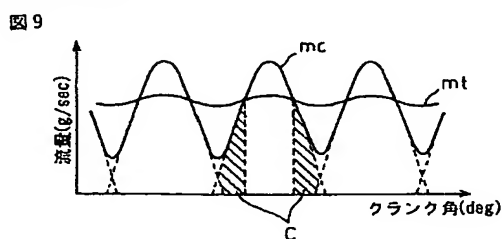
[Drawing 7]



[Drawing 8]



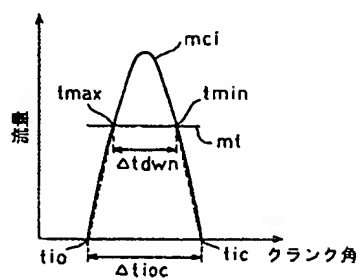
[Drawing 9]



[Drawing 10]

図 10

(a)



(b)

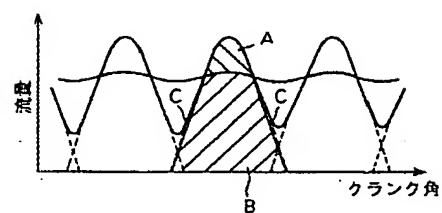
[Drawing 11]

図 11

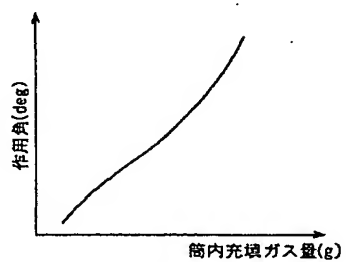
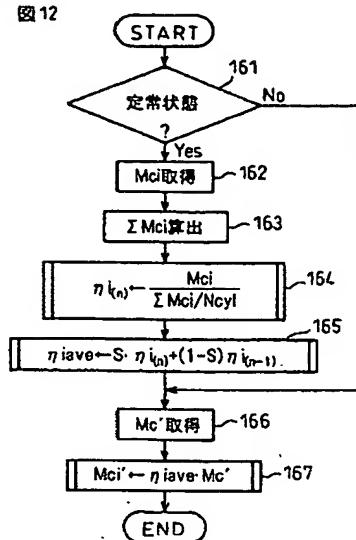
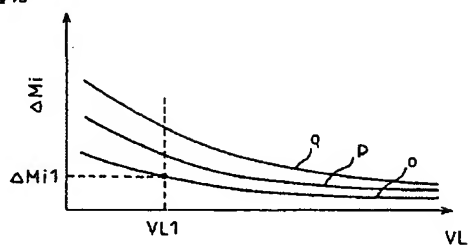
[Drawing 12]

図 12

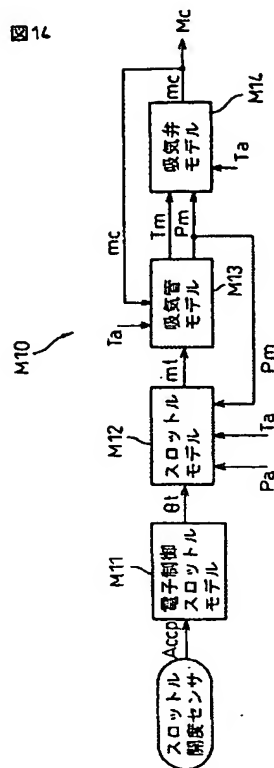


[Drawing 13]

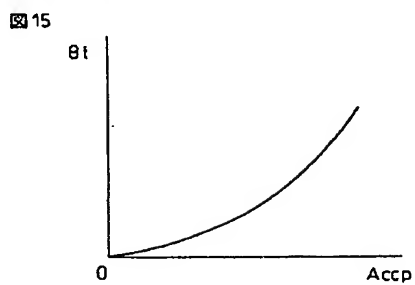
図 13



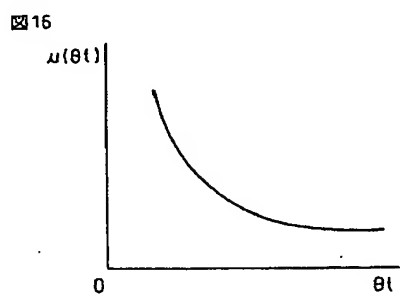
[Drawing 14]



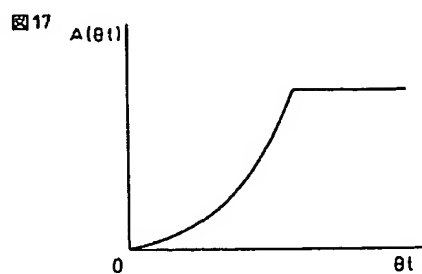
[Drawing 15]



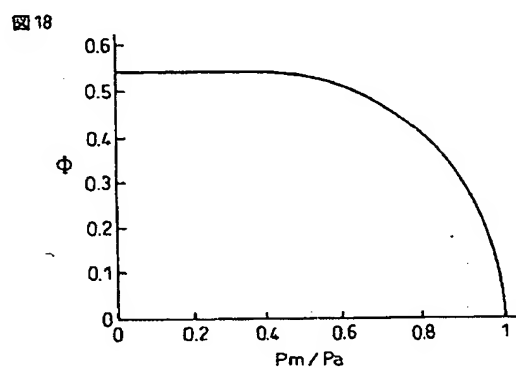
[Drawing 16]



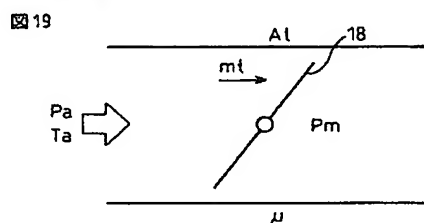
[Drawing 17]



[Drawing 18]



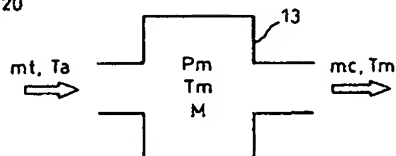
[Drawing 19]



$P_m$  : 吸気管内圧力(kPa)  
 $P_a$  : 大気圧(kPa)  
 $T_a$  : 大気温度(K)  
 $A_t$  : スロットル弁開口断面積( $m^2$ )  
 $m_t$  : スロットル弁通過空気流量(g/sec)  
 $\mu$  : 流量係数

[Drawing 20]

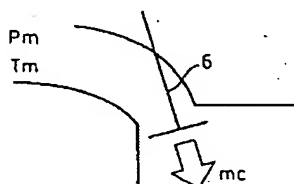
図 20



$m_t$  : 吸気管に流入する気体の流量(g/sec)  
 $m_c$  : 吸気管から流出する気体の流量(g/sec)  
 $P_m$  : 吸気管内圧力(kPa)  
 $T_a$  : 流入する気体の温度(K)  
 $T_m$  : 吸気管内温度(K)  
 $M$  : 吸気管内の総気体量  
 $R$  : 気体定数  
 $V_m$  : 吸気管容積( $m^3$ )  
 $C_p$  : 空気の定圧比熱  
 $C_v$  : 空気の定容比熱  
 $K$  : 比熱比

## [Drawing 21]

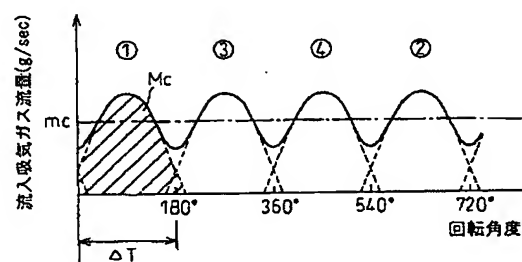
図 21



$P_m$  : 吸気弁上流の圧力(kPa)  
 $T_m$  : 吸気弁上流の温度(K)  
 $T_a$  : 大気温度(K)  
 $m_c$  : 筒内吸入ガス流量(g/sec)  
 $a, b$  : 適合パラメータ

## [Drawing 22]

図 22



[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CORRECTION OR AMENDMENT

---

[Kind of official gazette] Printing of amendment by the convention of 2 of Article 17 of Patent Law  
 [Section partition] The 1st partition of the 5th section  
 [Publication date] August 24, Heisei 18 (2006. 8.24)

[Publication No.] JP,2005-90437,A (P2005-90437A)  
 [Date of Publication] April 7, Heisei 17 (2005. 4.7)  
 [Annual volume number] Public presentation / registration official report 2005-014  
 [Application number] Application for patent 2003-327965 (P2003-327965)  
 [International Patent Classification]

F02D	45/00	(2006.01)
F02D	9/02	(2006.01)
F02D	41/36	(2006.01)
F02P	5/15	(2006.01)

[FI]

F02D	45/00	366	E
F02D	45/00	358	J
F02D	45/00	364	D
F02D	45/00	366	F
F02D	9/02		Q
F02D	41/36		B
F02P	5/15		A

[Procedure revision]  
 [Filing Date] July 11, Heisei 18 (2006. 7.11)  
 [Procedure amendment 1]  
 [Document to be Amended] Claim  
 [Item(s) to be Amended] Claim 1  
 [Method of Amendment] Modification  
 [The contents of amendment]  
 [Claim 1]

A throttle passage air content calculation means to compute the throttle passage air content which passes a throttle valve,

An excessive air content calculation means to compute the excessive air content to the above-mentioned gas column equivalent to the amount of pressure drawdowns accompanying pulsation of the pressure of inhalation of air by the inlet valve corresponding to each gas column opening,

A restoration air content presumption means in a cylinder to presume the restoration air content in a cylinder for every gas column based on the throttle passage air content detected by the above-mentioned throttle passage air content detection means, and the excessive air content computed by the above-mentioned excessive air content calculation means,

The control unit of the internal combustion engine possessing the engine control means which controls an internal combustion engine based on the restoration air content in a cylinder for every gas column presumed by this restoration air content presumption means in a cylinder.

[Procedure amendment 2]  
 [Document to be Amended] Specification  
 [Item(s) to be Amended] 0008  
 [Method of Amendment] Modification  
 [The contents of amendment]  
 [0008]

A throttle passage air content calculation means to compute the throttle passage air content which passes a throttle valve in the 1st invention in order to solve the above-mentioned technical problem, An excessive air content calculation means to compute the excessive air content to the above-mentioned gas column equivalent to the amount of pressure drawdowns accompanying pulsation of the pressure of inhalation of air by the inlet valve corresponding to each gas column opening, A restoration air content presumption means in a cylinder to presume the restoration air content in a cylinder for every gas column based on the throttle passage air content detected by the above-mentioned throttle passage air content detection means, and the excessive air content computed by the above-mentioned excessive air content calculation means, The control unit of the internal combustion engine possessing the engine control means which controls an internal combustion engine based on the restoration air content in a cylinder for every gas column presumed by this restoration air content presumption means in a cylinder is offered.

[Procedure amendment 3]  
 [Document to be Amended] Specification  
 [Item(s) to be Amended] 0015  
 [Method of Amendment] Modification  
 [The contents of amendment]  
 [0015]

The flow rate sensor which detects the throttle-valve passage air flow rate which passes a throttle valve in any 6th one invention is provided. the 8th invention -- the 1- The period during the minimum value stage when the maximum stage when the pressure of inhalation of air serves as max in the period which the inlet valve corresponding to each gas column is opening, and the period of the near, and the pressure of inhalation of air serve as min is set to  $\Delta t_{dwn}$ . If the period between the valve-opening stage of the above-mentioned inlet valve and a clausilium stage is set to  $\Delta t_{ioc}$  and the throttle-valve passage air flow rate detected by the above-mentioned flow rate sensor during these periods is set to  $mt$  The above-mentioned throttle passage air content calculation means computes the throttle passage air content  $Mt$  based on the following type (1).

$$Mt = mt - (\Delta t_{dwn} + \Delta t_{ioc}) / 2 \quad (1)$$

[Procedure amendment 4]  
 [Document to be Amended] Specification  
 [Item(s) to be Amended] 0033  
 [Method of Amendment] Modification  
 [The contents of amendment]  
 [0033]

If the inflow air flow rate ( $mt$ ) for an inhalation-of-air tube part is larger than an outflow air flow rate ( $mci$ ), the pressure of inhalation of air will rise, if small, the pressure of inhalation of air will descend, if equal, the pressure of inhalation of air is fixed, and a formula (3) shows that variation  $\Delta P_m$  of the pressure of inhalation of air for  $[\Delta] t$  seconds is equivalent to a changed part of the air content in an inhalation-of-air tube part part. In addition, when it is in a steady state which engine operational status mentions later, the amount of inhalation-of-air tube part is buffered to being intermittent depending on closing motion of an inlet valve 6, and the change is [ the inflow air flow rate ( $mt$ ) from a part for an inhalation-of-air tube part ] quiet [ the outflow air flow rate ( $mci$ ) from a part for an inhalation-of-air tube part ]. For this reason, the size relation between an outflow air flow rate ( $mci$ ) and an inflow air flow rate ( $mt$ ) repeats reversal (refer to drawing 3 (a)). This means that the value in the parenthesis of the right-hand side of the above-mentioned formula (2) repeats positive/negative reversal a fixed period, i.e., the pressure of inhalation of air repeats a rise and descent a fixed period, and expresses pulsation of the pressure of inhalation of air.

[Procedure amendment 5]  
 [Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0042

[Method of Amendment] Modification

[The contents of amendment]

[0042]

Subsequently, at step 104, it is judged whether it is in the condition that the value of the closing motion valve flag Vlv (n-1) in time of day n-1 is set to 1, and the value of the closing motion valve flag Vlv in time of day n (n) is set to 0. That is, at step 104, it is judged whether whether the inlet valve's 6 opening at the time of the last actuation, and the inlet valve's 6 closing the valve at the time of this actuation and the time of this actuation that is, are [ inlet valves 6 ] the times of clausilium being carried out. In step 104, the time of this actuation progresses to step 105, when it judges that an inlet valve 6 is not a time of clausilium being carried out.

[Procedure amendment 6]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0064

[Method of Amendment] Modification

[The contents of amendment]

[0064]

At step 156, 1 is added to the value cyc of a cycle counter. A cycle counter is a counter showing the number of cycles from an engine start up. Subsequently, at step 157, the restoration air content Mci (cyc) in a cylinder in this cycle cyc is computed by the above-mentioned formula (6) like step 116 of drawing 4.

[Procedure amendment 7]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0075

[Method of Amendment] Modification

[The contents of amendment]

[0075]

So, with the fourth operation gestalt, it is supposed that any capacity other than the capacity which is equivalent to area A among the restoration air contents Mci in a cylinder to each gas column is not calculated as a rectangular area like the first operation gestalt, but is calculated as a trapezoid area. That is,  $mt - (\Delta t_{dwn} + \Delta t_{ioc}) / 2$  are used instead of  $mt - \Delta t_{dwn}$  in the formula (6) in the first operation gestalt. Here,  $\Delta t_{dwn}$  is the time amount during the minimum value time of day  $t_{min}$  when taking the maximum time of day  $t_{max}$  and the minimum value  $P_{min}$  as mentioned above, in case the pressure of inhalation of air takes Maximum  $P_{max}$  ( $\Delta t_{dwn} = t_{min} - t_{max}$ ),  $\Delta t_{ioc}$  is the time amount between the time of day (valve-opening stage)  $t_{io}$  which the cylinder [ i-th ] inlet valve 6 opens, and the time of day (clausilium stage)  $t_{ic}$  which an inlet valve 6 closes, i.e., the time amount which the cylinder [ i-th ] inlet valve 6 is opening, ( $\Delta t_{ioc} = t_{ic} - t_{io}$ ). Therefore, with the fourth operation gestalt, the above-mentioned formula (6) is rewritten like the following formula (12), and is used.

[Equation 10]

$$Mci = \Delta P_{mdwn} / \left( \frac{Ra \cdot Tm}{Vm} \right) + mt \cdot \frac{\Delta t_{dwn} + \Delta t_{ioc}}{2} \quad \dots$$

[Procedure amendment 8]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0076

[Method of Amendment] Modification

[The contents of amendment]

[0076]

By the formula (12), the capacity with which the term containing  $\Delta P_{mdwn}$  is equivalent to the area A in drawing 10 (b) is expressed, and since the capacity with which the term containing  $m_t$  is equivalent to the area B in drawing 10 (b) is expressed, the cylinder [ i-th ] restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder serves as a value adding the area A and area B in drawing 10 (b). The great portion of capacity equivalent to the area C shown in drawing 9 can be included in the restoration air content in a cylinder by calculating capacity other than the capacity equivalent to area A as a trapezoid so that drawing 10 (a) may show. Therefore, according to this operation gestalt, the restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder serves as a value which expresses more correctly the capacity with which it filled up in the cylinder [ i-th ] combustion chamber 5 during the cylinder [ i-th ] valve-opening period of an inlet valve 6, and even if it is the case where the valve-opening stage of the inlet valve 6 of each gas column overlaps, the presumed error of the restoration air content  $M_{ci}$  in a cylinder can be suppressed small.

In addition, you may make it the control unit of the fourth operation gestalt calculate the restoration air content in an average cylinder combining the control unit of not only the first operation gestalt but the second operation gestalt.

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-90437

(P2005-90437A)

(43) 公開日 平成17年4月7日(2005.4.7)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

F1

テーマコード(参考)

F02D 45/00

F02D 45/00 366E

3G022

F02D 9/02

F02D 45/00 358J

3G065

F02D 41/38

F02D 45/00 364D

3G084

F02P 5/15

F02D 45/00 366F

3G301

F02D 9/02 Q

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 32 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2003-327965 (P2003-327965)

(22) 出願日

平成15年9月19日(2003.9.19)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(74) 代理人 100099759

弁理士 青木 篤

(74) 代理人 100092624

弁理士 鶴田 準一

(74) 代理人 100102819

弁理士 島田 哲郎

(74) 代理人 100082898

弁理士 西山 雅也

(72) 発明者 加賀 智之

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の制御装置

(57) 【要約】

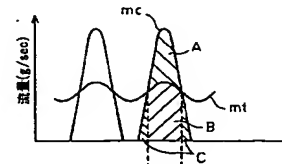
【課題】 吸気管内圧力の脈動を利用して容易に各気筒毎の筒内充填空気量を推定し、内燃機関を最適に制御することができる内燃機関の制御装置を提供することにある。

【解決手段】 本発明の制御装置は、スロットル弁18を通過するスロットル通過空気量 $m_t$ を算出するスロットル通過空気量算出手段19と、各気筒に対応する吸気弁が開弁することによる吸気管内圧力の降下量 $\Delta P_{mdwn}$ に相当する上記気筒への余分空気量を算出する余分空気量算出手段と、上記スロットル通過空気量検出手段によって検出されたスロットル通過空気量と上記余分空気量算出手段によって算出された余分空気量とに基づいて各気筒毎に筒内充填空気量 $M_{ti}$ を推定する筒内充填空気量推定手段と、該筒内充填空気量推定手段によって推定された気筒毎の筒内充填空気量に基づいて内燃機関を制御する機関制御手段とを具備する。

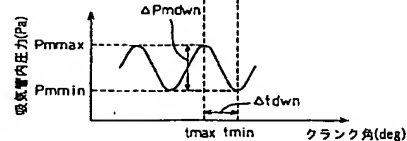
【選択図】 図3

図3

(a)



(b)



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

スロットル弁を通過するスロットル通過空気量を算出するスロットル通過空気量算出手段と、

各気筒に対応する吸気弁が開弁することによる吸気管内圧力の降下量に相当する上記気筒への余分空気量を算出する余分空気量算出手段と、

上記スロットル通過空気量検出手段によって検出されたスロットル通過空気量と上記余分空気量算出手段によって算出された余分空気量とに基づいて各気筒毎に筒内充填空気量を推定する筒内充填空気量推定手段と、

該筒内充填空気量推定手段によって推定された気筒毎の筒内充填空気量に基づいて内燃機関を制御する機関制御手段とを具備する内燃機関の制御装置。

10

## 【請求項 2】

上記筒内充填空気量推定手段は、上記スロットル通過空気量と上記各気筒への余分空気量とを合計したものを各気筒への筒内充填空気量として採用する請求項 1 に記載の内燃機関の制御装置。

## 【請求項 3】

上記筒内充填空気量推定手段は、上記スロットル通過空気量と上記各気筒への余分空気量とを合計したものを各気筒毎に複数のサイクルに亘って平均化したものを上記気筒への筒内充填空気量として採用する請求項 1 に記載の内燃機関の制御装置。

## 【請求項 4】

吸気管内圧力を検出するための圧力センサを具備し、上記余分空気量算出手段は、各気筒に対応する吸気弁が開弁している期間およびその近傍の期間において上記圧力センサによって検出された吸気管内圧力の最大値と最小値との差分と、吸気管内温度とに基づいて状態方程式を用いて上記気筒への余分空気量を算出する請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

20

## 【請求項 5】

上記吸気管内温度として、大気温度を採用する請求項 4 に記載の内燃機関の制御装置。

## 【請求項 6】

上記余分空気量算出手段は、各気筒に対応する吸気弁が開弁することによる吸気管内圧力の降下量と、上記気筒に対応する吸気弁が開弁する直前または該吸気弁が閉弁した直後における吸気管内圧力の上昇量とに基づいて上記気筒への余分空気量を算出する請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

30

## 【請求項 7】

スロットル弁を通過するスロットル弁通過空気流量を検出する流量センサを具備し、上記スロットル通過空気量算出手段は、各気筒に対応する吸気弁が開弁している期間およびその近傍の期間において吸気管内圧力が最大となる最大値時期と吸気管内圧力が最小となる最小値時期との間の期間において、上記流量センサによって検出されたスロットル弁通過空気流量を積分することによってスロットル通過空気量を算出する請求項 1～6 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

## 【請求項 8】

スロットル弁を通過するスロットル弁通過空気流量を検出する流量センサを具備し、各気筒に対応する吸気弁が開弁している期間およびその近傍の期間において吸気管内圧力が最大となる最大値時期と吸気管内圧力が最小となる最小値時期との間の期間を  $\Delta t_{down}$  とし、上記吸気弁の開弁時期と閉弁時期との間の期間を  $\Delta t_{ioc}$  とし、これら期間中において上記流量センサによって検出されたスロットル弁通過空気流量を  $m_t$  とすると、上記スロットル通過空気量算出手段は、スロットル通過空気量  $M_t$  を下記式 (1) に基づいて算出する請求項 1～6 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

40

$$M_t = m_t \cdot (\Delta t_{down} + \Delta t_{ioc}) / 2 \quad \cdots (1)$$

## 【請求項 9】

上記機関制御手段は、筒内充填空気量推定手段によって推定された気筒毎の筒内充填空

50

気量に基づいて気筒毎に燃料噴射量、点火時期を制御する請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 10】

上記吸気弁は機関運転状態に応じて作用角が変更され、特定の機関運転状態における筒内充填空気量と上記吸気弁の作用角との関係を予め記憶し、上記筒内充填空気量算出手段によって算出された筒内充填空気量と上記記憶された関係とに基づいて各気筒における実際の作用角を推定し、該推定された実際の作用角と目標作用角とが異なる場合には、これら作用角の差分を補償するように内燃機関の運転パラメータの補正を行う請求項 1 ～ 9 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 11】

少なくともスロットル開度と、内燃機関周囲の大気温度および大気圧力とに基づいて全ての気筒の平均的な筒内充填空気量を予測する空気量予測手段をさらに具備し、機関運転状態が定常状態にあるときに上記筒内充填空気量推定手段によって推定された各気筒毎の筒内充填空気量に基づいて気筒間の相対的な偏差を算出し、上記機関制御手段は、機関運転状態が過渡状態にあるときに上記空気量予測手段によって予測された平均的な筒内充填空気量を上記偏差に基づいて補正して算出された気筒毎の筒内充填空気量に基づいて内燃機関を制御する請求項 1 ～ 10 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は内燃機関の制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

内燃機関の燃焼室において燃焼される混合気の空燃比を最適な値とするためには、吸気弁が閉じたときに燃焼室内に充填されている空気の量（以下、「筒内充填空気量」と称す）を正確に推定する必要がある。通常、筒内充填空気量は、流量センサ（エアフロメータ）等の多数のセンサ、およびこれらセンサからの出力値を引数とした多数のマップから推定される。ここで、マップを用いて筒内充填空気量を推定すると、必要なマップの数およびその引数の数が多くなり、これに伴いマップ作成時の適合工数が非常に多くなってしまふ。そこで、近年において、流体力学等に基づく式で表される数値計算モデルを用いることにより、マップの数および引数を減らして筒内充填空気量を算出することが検討されている。

【0003】

特許文献 1 には、このような数値計算モデルを用いて筒内充填空気量を算出する装置が記載されている。特許文献 1 の装置は、質量保存則により吸気管に流入する空気量から吸気管内に蓄えられる空気量を減算したものが筒内に充填される空気量に等しいことを利用して、筒内充填空気量を算出している。具体的には、エアフロメータ等によって検出されたスロットル通過空気量から、圧力センサ等によって検出された吸気管内圧力に基づいて算出された吸気管内空気の変化量を減算したものを筒内充填空気量として算出している。

【0004】

【特許文献 1】特開 2002-70633 号公報

【特許文献 2】特開 2001-234798 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、各気筒に対応する吸気弁が順々に開弁されるため、吸気管内圧力には脈動が発生する（吸気脈動）。しかし、特許文献 1 の装置では、吸気管内圧力の脈動を考慮に入れて筒内充填空気量を算出すると計算が複雑になってしまうため、実際に生じている吸気管内圧力の脈動を無視して筒内充填空気量を算出するようにしている。すなわち、吸気管内圧力は吸気脈動により実際には大きく変化しているにも関わらず、脈動による吸気管内

10

20

30

40

50

圧力の変化を計算によって取り除いて吸気管内空気の変化量を算出している。

【0006】

しかし、実際には吸気管内圧力の脈動は各気筒への筒内充填空気量に密接に関係しており、このような脈動を利用して筒内充填空気量を算出することができれば、より正確に筒内充填空気量を算出することができる。

【0007】

そこで、本発明の目的は、吸気管内圧力の脈動を利用して容易に各気筒毎の筒内充填空気量を推定し、内燃機関を最適に制御することができる内燃機関の制御装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

10

【0008】

上記課題を解決するために、第1の発明では、スロットル弁を通過するスロットル通過空気量を算出するスロットル通過空気量算出手段と、各気筒に対応する吸気弁が開弁することによる吸気管内圧力の降下量に相当する上記気筒への余分空気量を算出する余分空気量算出手段と、上記スロットル通過空気量検出手段によって検出されたスロットル通過空気量と上記余分空気量算出手段によって算出された余分空気量とに基づいて各気筒毎に筒内充填空気量を推定する筒内充填空気量推定手段と、該筒内充填空気量推定手段によって推定された気筒毎の筒内充填空気量に基づいて内燃機関を制御する機関制御手段とを具備する内燃機関の制御装置が提供される。

【0009】

20

第2の発明では、第1の発明において、上記筒内充填空気量推定手段は、上記スロットル通過空気量と上記各気筒への余分空気量とを合計したものを各気筒への筒内充填空気量として採用する。

【0010】

第3の発明では、第1の発明において、上記筒内充填空気量推定手段は、上記スロットル通過空気量と上記各気筒への余分空気量とを合計したものを各気筒毎に複数のサイクルに亘って平均化したものを上記気筒への筒内充填空気量として採用する。

【0011】

第4の発明では、第1～第3のいずれか一つの発明において、吸気管内圧力を検出するための圧力センサを具備し、上記余分空気量算出手段は、各気筒に対応する吸気弁が開弁している期間およびその近傍の期間において上記圧力センサによって検出された吸気管内圧力の最大値と最小値との差分と、吸気管内温度とに基づいて状態方程式を用いて上記気筒への余分空気量を算出する。

30

【0012】

第5の発明では、第4の発明において、上記吸気管内温度として、大気温度を採用する。

【0013】

第6の発明では、第1～第3のいずれか一つの発明において、上記余分空気量算出手段は、各気筒に対応する吸気弁が開弁することによる吸気管内圧力の降下量と、上記気筒に対応する吸気弁が開弁する直前または該吸気弁が閉弁した直後における吸気管内圧力の上昇量とに基づいて上記気筒への余分空気量を算出する。

40

【0014】

第7の発明では、第1～6のいずれか一つの発明において、スロットル弁を通過するスロットル弁通過空気流量を検出する流量センサを具備し、上記スロットル通過空気量算出手段は、各気筒に対応する吸気弁が開弁している期間およびその近傍の期間において吸気管内圧力が最大となる最大値時期と吸気管内圧力が最小となる最小値時期との間の期間において、上記流量センサによって検出されたスロットル弁通過空気流量を積分することによってスロットル通過空気量を算出する。

【0015】

第8の発明では、第1～第6のいずれか一つの発明において、スロットル弁を通過する

50

スロットル弁通過空気流量を検出する流量センサを具備し、各気筒に対応する吸気弁が開弁している期間およびその近傍の期間において吸気管内圧力が最大となる最大値時期と吸気管内圧力が最小となる最小値時期との間の期間を $\Delta t_{down}$ とし、上記吸気弁の開弁時期と閉弁時期との間の期間を $\Delta t_{ioc}$ とし、これら期間中において上記流量センサによって検出されたスロットル弁通過空気流量を $m_t$ とすると、上記スロットル通過空気量算出手段は、スロットル通過空気量 $M_t$ を下記式(1)に基づいて算出する請求項1~6のいずれか1項に記載の内燃機関の制御装置。

$$M_t = m_t \cdot (\Delta t_{down} + \Delta t_{ioc}) / 2 \quad \dots (1)$$

【0016】

第9の発明では、第1~8のいずれか一つの発明において、上記機関制御手段は、筒内充填空気量推定手段によって推定された気筒毎の筒内充填空気量に基づいて気筒毎に燃料噴射量、点火時期を制御する。

【0017】

第10の発明では、第1~9のいずれか一つの発明において、上記吸気弁は機関運転状態に応じて作用角が変更され、特定の機関運転状態における筒内充填空気量と上記吸気弁の作用角との関係を予め記憶し、上記筒内充填空気量算出手段によって算出された筒内充填空気量と上記記憶された関係とに基づいて各気筒における実際の作用角を推定し、該推定された実際の作用角と目標作用角とが異なる場合には、これら作用角の差分を補償するように内燃機関の運転パラメータの補正を行う。

【0018】

第11の発明では、第1~10のいずれか一つの発明において、少なくともスロットル開度と、内燃機関周囲の大気温度および大気圧力とに基づいて全ての気筒の平均的な筒内充填空気量を予測する空気量予測手段をさらに具備し、機関運転状態が定常状態にあるときに上記筒内充填空気量推定手段によって推定された各気筒毎の筒内充填空気量に基づいて気筒間の相対的な偏差を算出し、上記機関制御手段は、機関運転状態が過渡状態にあるときに上記空気量予測手段によって予測された平均的な筒内充填空気量を上記偏差に基づいて補正して算出された気筒毎の筒内充填空気量に基づいて内燃機関を制御する。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、スロットル通過空気量算出手段によりスロットル通過空気量が算出され、且つ余分空気量算出手段により余分空気量が算出され、これらに基づいて各気筒毎に筒内充填空気量が推定され、これに基づいて内燃機関が制御される。筒内充填空気量は、吸気管内圧力の脈動により生じる吸気管内圧力の降下量に相当する空気量とスロットル通過空気量とのみから算出することができる。したがって、本発明によれば、吸気管内圧力の脈動を利用して容易に各気筒毎の筒内充填空気量を推定し、内燃機関を最適に制御することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、図面を参照して本発明の第一実施形態について説明する。図1に概略的に示した機関本体1は筒内噴射型火花点火式内燃機関を示す。しかしながら、本発明を別の火花点火式内燃機関や圧縮自着火式内燃機関に適用してもよい。

【0021】

図1に示したように、本発明の第一の実施形態では機関本体1はシリンダブロック2と、シリンダブロック2内で往復動するピストン3と、シリンダブロック2上に固定されたシリンダヘッド4とを具備する。ピストン3とシリンダヘッド4との間には燃焼室5が形成される。シリンダヘッド4には各気筒毎に吸気弁6と、吸気ポート7と、排気弁8と、排気ポート9とが配置される。さらに、図1に示したようにシリンダヘッド4の内壁面の中央部には点火プラグ10が配置され、シリンダヘッド4内壁面周辺部には燃料噴射弁11が配置される。またピストン3の頂面には燃料噴射弁11の下方から点火プラグ10の下方まで延びるキャビティ12が形成されている。

10

20

30

40

50

## 【0022】

各気筒の吸気ポート7は吸気枝管13を介してサージタンク14に連結され、サージタンク14は吸気管15を介してエアクリーナ16に連結される。吸気管15内にはステップモータ17によって駆動されるスロットル弁18が配置される。また、スロットル弁18上流の吸気管15には、吸気管15を通過する空気（吸気ガス）の流量を検出するためのエアフロメータ19が配置される。一方、各気筒の排気ポート9は排気管20に連結され、この排気管20は排気浄化装置21に連結される。

## 【0023】

電子制御ユニット（ECU）31はデジタルコンピュータからなり、双方向性バス32を介して相互に接続されたRAM（ランダムアクセスメモリ）33、ROM（リードオンリメモリ）34、CPU（マイクロプロセッサ）35、入力ポート36および出力ポート37を具備する。サージタンク14には、吸気管内の空気（吸気ガス）の圧力を検出するための吸気管内圧力センサ40および吸気管内の空気の温度を検出するための吸気管内温度センサ41が設けられており、これら吸気管内圧力センサ40および吸気管内温度センサ41はそれぞれ吸気管内圧力および吸気管内温度に比例した出力電圧を発生し、この出力電圧が対応するAD変換器38を介して入力ポート36に入力される。

## 【0024】

また、スロットル弁18の開度を検出するためのスロットル開度センサ42と、内燃機関の周囲の大気温度、または吸気管15に吸入される空気の温度（吸気温）を検出するための大気温度センサ43と、内燃機関の周囲の大気圧力、または吸気管15に吸入される空気の圧力（吸気圧）を検出するための大気圧センサ44とが設けられ、これらセンサの出力電圧は対応するAD変換器38を介して入力ポート36に入力される。また、アクセルペダル45にはアクセルペダル45の踏み込み量に比例した出力電圧を発生する負荷センサ46が接続され、負荷センサ46の出力電圧は対応するAD変換器38を介して入力ポート36に入力される。クランク角センサ47は例えばクランクシャフトが30度回転する毎に出力パルスを発生し、この出力パルスが入力ポート36に入力される。CPU35ではこのクランク角センサ47の出力パルスから機関回転数が計算される。一方、出力ポート37は対応する駆動回路39を介して点火プラグ10、燃料噴射弁11、およびステップモータ17に接続される。

## 【0025】

ところで、内燃機関の制御装置では、内燃機関の燃焼室5において燃焼される混合気の実空燃比を目標空燃比にするためには、吸気弁が開いたときに燃焼室5内に充填されている空気（吸気ガス）の量（以下、「筒内充填空気量 $M_c$ 」と称す）を推定し、推定された筒内充填空気量 $M_c$ に基づいて混合気の実空燃比が目標空燃比となるように燃料噴射弁から内燃機関の燃焼室5（または吸気通路）に噴射する燃料の量（以下、「燃料噴射量」と称す）を定めている。したがって、内燃機関の燃焼室5において燃焼される混合気の実空燃比を正確に目標空燃比とするためには、筒内充填空気量 $M_c$ を正確に推定する必要がある。

## 【0026】

通常、筒内充填空気量 $M_c$ は、流量センサ（エアフロメータ）等の多数のセンサ、およびこれらセンサからの出力値を引数とした多数のマップから推定される。ところが、このようにマップを用いて筒内充填空気量 $M_c$ を推定する場合、推定される筒内充填空気量 $M_c$ の値をより正確なものにするためには、必要なマップの数およびその引数の数が多くなる。このようにマップの数が多くなると、マップを保存するためのECUのROMを記憶容量の大きいものにしなければならず、内燃機関の制御装置の製造コストが高くなってしまふ。さらに、各マップを作成するにはマップが用いられる内燃機関の形式毎に適合作業を行わなければならないが、この適合作業における測定点はマップの数およびその引数の数に応じて増大するため、マップの数およびその引数の数が多くなると適合作業の工数も増大してしまふ。

## 【0027】

そこで、マップを用いずに様々なモデルを用いて、数値計算により筒内充填空気量 $M_c$

10

20

30

40

50

を算出する内燃機関の制御装置が検討されている。このような制御装置では、数値計算を多用することにより必要なマップの数を極力減らすようにしており、これにより適合作業を行う際の工数を大幅に削減しながらも、筒内充填空気量 $M_c$ を正確に算出することができる。

#### 【0028】

このようなモデルの一つに、単位時間あたりにスロットル弁18を通過する空気の流量（以下、「スロットル弁通過空気流量 $m_t$ 」と称す）と、スロットル弁18から吸気弁6までの吸気管15等の部分（以下、「吸気管部分」と称す）内に存在する空気の圧力（以下、「吸気管内圧力 $P_m$ 」と称す）とから、筒内充填空気量 $M_c$ を算出するものがある（例えば特許文献1）。このようなモデルでは、筒内に吸入される空気の流量（以下、「筒内吸入空気流量 $m_c$ 」と称す）（すなわち、吸気管部分から流出する吸気ガスの流量）が、スロットル弁通過空気流量 $m_t$ （すなわち、吸気管部分に流入する空気の流量）から単位時間における吸気管内圧力 $P_m$ の上昇量に相当する吸気ガスの量（すなわち、吸気管部分内に蓄えられた吸気ガスの量）を減算したものに等しいという質量保存則を用いている。

#### 【0029】

通常、吸気管部分においては順々に吸気弁が開弁されることによる吸気脈動が発生し、よって吸気管内圧力は大きく変動している。このように大きく変動する吸気管内圧力を用いて上述した質量保存則を用いたモデルを作成すると、モデル式が複雑になり、計算負荷が大きくなってしまふ。そこで、従来では、吸気脈動による吸気管内圧力の変動の影響を排除するために、単位時間当たりの吸気管内圧力の変化量（ $dP_m/dt$ ）として例えば、吸気管内圧力センサの検出値とその検出値のなまし値との偏差を用いている。

#### 【0030】

しかし、吸気脈動による吸気管内圧力の変動は筒内充填空気量に大きく影響しており、したがって、この影響を無視して筒内充填空気量を算出すると、正確な筒内充填空気量を算出することができない。逆に言えば、吸気脈動による吸気管内圧力の変動は筒内充填空気量と密接に関係していることを利用すれば、各気筒への筒内充填空気量を正確に算出することができる。そこで、本発明ではこのことを利用して筒内充填空気量を算出する。

#### 【0031】

以下、図2および図3を参照して、筒内充填空気量の算出方法について説明する。なお、図2は、吸気管部分におけるモデル（以下、「吸気管モデル」と称す）M1の基本概念を示している。図3（a）は、クランク角に対する流量の変化を示している。図3中の実線 $m_t$ はスロットル弁通過空気流量を示しており、実線 $m_{ci}$ は全ての気筒への筒内吸入空気流量を示している。また、図3（b）は、クランク角に対する吸気管内圧力の変化を示している。

#### 【0032】

まず、図2に示した吸気管モデルM1について考える。吸気管部分について質量保存則を適用すると、吸気管内圧力 $P_m$ と、吸気管部分に流入する空気流量（すなわち、スロットル弁通過空気流量 $m_t$ ）と、吸気管部分から流出する吸気ガスの流量（すなわち、 $i$ 番気筒への筒内吸入空気流量 $m_{ci}$ ）とには下記式（2）の関係が成り立つ。

#### 【数1】

$$\frac{dP_m}{dt} = \frac{Ra \cdot T_m}{V_m} \cdot (m_t - \sum m_{ci}) \quad \dots(2)$$

ここで、 $T_m$ は吸気管部分内に存在する空気の温度（以下、「吸気管内温度」と称す）、 $V_m$ は吸気管部分の容積、 $R_a$ は気体定数を空気の平均分子量で除算した値である。した

がって、時刻  $t$  から  $\Delta t$  秒間における吸気管内圧力の変化量  $\Delta P_m$  は、式 (2) を積分することによって下記式 (3) のように表すことができる。

【数 2】

$$\Delta P_m = \frac{Ra \cdot T_m}{V_m} \cdot \int_t^{t+\Delta t} (m_t - \sum m_{ci}) \quad \dots (3)$$

10

【0033】

式 (3) より、吸気管部分への流入空気量 ( $m_t$ ) が流出空気流量 ( $m_{ci}$ ) よりも大きければ吸気管内圧力が上昇し、小さければ吸気管内圧力が降下し、等しければ吸気管内圧力が一定であり、 $\Delta t$  秒間における吸気管内圧力の変化量  $\Delta P_m$  は吸気管部分内の空気量の変化分に相当することがわかる。なお、機関運転状態が後述するような定常状態にある場合、吸気管部分からの流出空気流量 ( $m_{ci}$ ) は吸気弁 6 の開閉に依存して間欠的であるのに対し、吸気管部分からの流入空気流量 ( $m_t$ ) は吸気管部分が緩衝となりその変化が穏やかである。このため、流出空気流量 ( $m_{ci}$ ) と流入空気流量 ( $m_t$ ) との大小関係は反転を繰り返す (図 3 (a) 参照)。これは、上記式 (2) の右辺のカッコ内の値が一定周期で正負反転を繰り返すこと、すなわち吸気管内圧力が一定周期で上昇・降下を繰り返すことを意味し、吸気管内圧力の脈動を表す。

20

【0034】

ここで、図 3 (a) に示したように各気筒の吸気弁 6 の開弁期間は重複しないと仮定する。この場合、第  $i$  気筒への吸入に関して、吸気管内圧力が最大値  $P_{mmax}$  をとるのは、吸気管内圧力の時間微分値が零のとき ( $dP_m/dt = 0$ )、すなわちスロットル弁通過空気流量  $m_t$  と第  $i$  気筒への筒内吸入空気流量  $m_{ci}$  との大きさが釣り合ったとき ( $m_t = m_{ci}$ ) であって、筒内吸入ガス量  $m_{ci}$  が増大しているとき、すなわち上記大きさが釣り合うまでスロットル弁通過空気流量  $m_t$  の方が大きかったときである (このときを時刻を最大値時刻  $t_{max}$  とする)。一方、第  $i$  気筒への吸入に関して、吸気管内圧力が最小値  $P_{mmin}$  をとるのは、吸気管内圧力の時間微分値が零のときであって、筒内吸入ガス量  $m_{ci}$  が減少しているとき、すなわち上記大きさが釣り合うまで筒内吸入ガス量  $m_{ci}$  の方が大きかったときである (このときの時刻を最小値時刻  $t_{min}$  とする)。

30

【0035】

したがって、第  $i$  気筒への吸気ガスの吸入によって生じる吸気管内圧力の降下量 (以下、「吸気管内圧力降下量」と称す)  $\Delta P_{mdwn}$  (すなわち、吸気管内圧力の最大値  $P_{mmax}$  と最小値  $P_{mmin}$  との差分) は、下記式 (4) のように表すことができる。なお、式 (4) の積分項は図 3 (a) の面積  $A$  に相当し、 $\Delta P_{mdwn}$  は面積  $A$  に比例することがわかる。したがって、面積  $A$  に対応するガス量は、第  $i$  気筒に対応する吸気弁が開弁することによる吸気管内圧力の降下量に相当する第  $i$  気筒への余分ガス量と称することができる。

40

【数 3】

$$\Delta P_{mdwn} = \left| \frac{Ra \cdot T_m}{V_m} \cdot \int_{t_{max}}^{t_{min}} (m_t - \sum m_{ci}) dt \right| \quad \dots (4)$$

50

【0036】

各気筒の吸気弁6の開弁期間は重複しないとの仮定より、上記式(4)は下記式(5)のように変形することができる。

【数4】

$$Mci = \int_{t_{max}}^{t_{min}} mci \, dt = \Delta Pmdwn / \left( \frac{Ra \cdot Tm}{Vm} \right) + \int_{t_{max}}^{t_{min}} mt \, dt \quad \dots (5)$$

10

ここで、式(5)中のスロットル弁通過空気流量 $mt$ の積分項は、図3(a)の面積Bに相当し、 $Mci$ は図3の面積Aと面積Bとを加算した値となっている。したがって、 $Mci$ は第 $i$ 気筒に対応する吸気弁6の開弁期間中に第 $i$ 気筒の燃焼室5内に充填されたガス量、すなわち筒内充填空気量に相当する。ただし、厳密に言えば、実際の筒内充填空気量は図3の面積Aおよび面積Bに面積Cを加えた量に相当するため、上記 $Mci$ は面積Cに相当するガス量を微少として無視した近似値となっている。

【0037】

したがって、機関運転状態が定常状態にあつて且つ各気筒の吸気弁6の開弁期間が重複しない場合には、スロットル弁通過空気流量 $mt$ 、吸気管内温度 $Tm$ 、吸気管内圧力降下量 $\Delta Pmdwn$ を検出または算出することによって、上記式(5)から第 $i$ 気筒への筒内充填空気量 $Mci$ を推定することができる。

20

【0038】

なお、式(5)を実装するにあたっては、式(5)を下記式(6)のように変形してもよい。

【数5】

$$Mci = \Delta Pmdwn / \left( \frac{Ra \cdot Tm}{Vm} \right) + mt \cdot \Delta tdown \quad \dots (6)$$

30

式(6)において、 $\Delta tdown$ は最大値時刻 $tmax$ から最小値時刻 $tmin$ までの間の時間であつて、吸気管内圧力の降下時間を表す。また、式(6)におけるスロットル弁通過空気流量 $mt$ は、最大値時刻 $tmax$ から最小値時刻 $tmin$ までの期間、または吸気弁6の開弁期間中にエアフロメータ19の検出値を平均した値である。あるいは、最大値時刻 $tmax$ から最小値時刻 $tmin$ までの期間、または吸気弁6の開弁期間中における実際のスロットル弁通過空気流量の変動が小さいことから、これら期間中の特定の時刻におけるエアフロメータ19の検出値であつてもよい。同様に、式(6)における吸気管内温度 $Tm$ も、上記期間中における吸気管内温度センサ41の検出値を平均した値、または上記期間中の特定の時刻における吸気管内温度センサ41の検出値である。

40

【0039】

また、上記実施形態では、サージタンク14に吸気管内温度センサ41が取付けられ、吸気管部分内の吸気ガスの温度を検出しているが、スロットル弁18の吸気上流側に温度センサを取付けるかまたはエアフロメータ19と一体的に温度センサを設け、この温度センサによって検出された温度を吸気管内温度として用いてもよい。これは、特に機関運転状態が定常状態にある場合に、吸気管内温度をスロットル弁18の吸気上流側の空気の温度とほぼ等しいものと近似でき、且つ本実施形態では、第 $i$ 気筒への筒内充填空気量 $Mci$

50

i の推定は機関運転状態が定常状態にあるときに行われることによる。

【0040】

図4を参照して、上述した吸気管モデルM1の式(5)を用いた第i気筒への筒内充填空気量の推定の操作手順について説明する。なお、本操作は、所定時間間隔毎および気筒毎に実行され、また、特に機関運転状態が定常状態にあって且つ各気筒の吸気弁6の開弁期間が重複しないときに実行されるのが好ましい。

【0041】

まず、ステップ101では、時間カウンタnに1が加算される。時間カウンタnは、前回第i気筒の吸気弁が開弁してからの本操作の実行回数を表しており、したがって吸気弁開弁からの経過時間を表す。以下、時間カウンタの値を時刻として説明する。次いで、ステップ102では、クランク角センサ47から現在のクランク角CAが取得される。ステップ103では、ステップ102において取得されたクランク角CAから開閉弁フラグVlv(n)にセットされる値が算出される。なお、開閉弁フラグVlv(n)は、時刻nにおける第i気筒の吸気弁6の開閉弁状態を表しており、このときに第i気筒の吸気弁6が開弁しているときには開閉弁フラグVlv(n)の値が1にセットされ、閉弁しているときには0にセットされる。

【0042】

次いで、ステップ104では、時刻n-1における開閉弁フラグVlv(n-1)の値が1にセットされており且つ時刻nにおける開閉弁フラグVlv(n-1)の値が0にセットされている状態であるか否かが判定される。すなわち、ステップ104では、前回の操作時には吸気弁6が開弁しており今回の操作時には吸気弁6が閉弁しているか否か、つまり、今回の操作時が吸気弁6が閉弁されたときであるか否かが判定される。ステップ104において、今回の操作時が吸気弁6が閉弁されたときではないと判定された場合には、ステップ105へと進む。

【0043】

ステップ105では、時刻nにおける開閉弁フラグVlv(n)の値が0であるか否か、すなわち第i気筒の吸気弁6が開弁されているか否かが判定される。第i気筒の吸気弁6が開弁されていないと判定された場合(Vlv(n)=0)には、ステップ106～ステップ112は実行されず、本操作が終了せしめられる。

【0044】

一方、ステップ105において、第i気筒の吸気弁6が開弁されていると判定された場合には、ステップ106へと進む。ステップ106では、開弁カウンタmに1が加えられる。なお、開弁カウンタmは、吸気弁6が開弁されてからの本操作の実行回数を表しており、したがって吸気弁6開弁からの経過時間を表す。ステップ107では、吸気管内圧力Pm、スロットル弁通過空気流量mt、および吸気管内温度Tmが、それぞれ吸気管内圧力センサ40、エアフロメータ19、および吸気管内温度センサ41から取得される。

【0045】

ステップ108～111では、吸気弁6開弁期間中の吸気管内圧力の最大値Pmmaxおよび最小値Pmmiと、最大値時期tmaxおよび最小値時期tmiとが更新される。

ステップ108では、ステップ107で取得した吸気管内圧力Pmが現在記憶されている吸気管内圧力の最大値Pmmaxよりも大きいか否か、すなわち取得した吸気管内圧力Pmが吸気弁6が開弁してから最大であるか否かが判定され、取得した吸気管内圧力Pmが最大であると判定された場合(Pm>Pmmax)にのみステップ109が実行される。ステップ109では、ステップ107で取得した吸気管内圧力Pmが吸気管内圧力の最大値Pmmaxとして記憶され、現在の時刻nが最大値時刻tmaxとして記憶される。

【0046】

次いで、ステップ110では、ステップ107で取得した吸気管内圧力Pmが現在記憶されている吸気管内圧力の最小値Pmmiよりも小さいか否か、すなわち取得した吸気管内圧力Pmが吸気弁6が開弁してから最小であるか否かが判定され、取得した吸気管内

10

20

30

40

50

圧力  $P_m$  が最小であると判定された場合 ( $P_m < P_{mmin}$ ) にのみステップ 111 が実行される。ステップ 111 では、ステップ 107 で取得した吸気管内圧力  $P_m$  が吸気管内圧力の最小値  $P_{mmin}$  として記憶され、現在の時刻  $n$  が最小値時刻  $t_{min}$  として記憶される。

#### 【0047】

ステップ 112 では、第  $i$  気筒の吸気弁 6 が開弁してからのスロットル弁通過空気流量の積算値  $\Sigma m_t$  にステップ 107 で取得した今回のスロットル弁通過空気流量が加算される。さらに、第  $i$  気筒の吸気弁 6 が開弁してからの吸気管内温度の積算値  $\Sigma T_m$  にステップ 107 で取得した今回の吸気管内温度  $T_m$  が加算される。

#### 【0048】

一方、ステップ 104 において、今回の操作時が吸気弁 6 が閉弁されたときであると判定された場合には、ステップ 113 へと進む。ステップ 113 では、吸気弁 6 開弁期間中におけるスロットル弁通過空気流量の積算値  $\Sigma m_t$  を開弁カウンタの値  $m$  で除算した値が平均スロットル弁通過空気流量  $m_{tave}$  とされる。この平均スロットル弁通過空気流量  $m_{tave}$  は、吸気弁 6 の開弁期間中におけるスロットル弁通過空気流量の平均値を表す。また、吸気弁 6 開弁期間中における吸気管内温度の積算値  $\Sigma T_m$  を開弁カウンタの値  $m$  で除算した値が平均吸気管内温度  $T_{mave}$  とされる。この平均吸気管内温度  $T_{mave}$  は、吸気弁 6 の開弁期間中における吸気管内温度の平均値を表す。

#### 【0049】

次いで、ステップ 114 では、ステップ 109 において更新された吸気管内圧力の最大値  $P_{mmax}$  から、ステップ 111 において更新された吸気管内圧力の最小値  $P_{mmin}$  を減算した値が吸気管内圧力降下量  $\Delta P_{mdwn}$  とされる ( $\Delta P_{mdwn} = P_{mmax} - P_{mmin}$ )。ステップ 115 では、ステップ 111 において更新された最小値時刻  $t_{min}$  から、ステップ 109 において更新された最大値時刻  $t_{max}$  を減算した値が  $\Delta t_{dwn}$  とされる ( $\Delta t_{dwn} = t_{min} - t_{max}$ )。

#### 【0050】

ステップ 116 では、ステップ 113 ~ 115 で算出した  $m_{tave}$ 、 $T_{mave}$ 、 $\Delta P_{mdwn}$  および  $\Delta t_{dwn}$  を式 (6) に代入することにより第  $i$  気筒の燃焼室 5 への筒内充填空気量  $M_{ci}$  が算出される。次いで、ステップ 117 では、カウンタ  $n$ 、 $m$  の値が零にリセットされ、 $P_{mmax}$  の値が零に、 $P_{mmin}$  の値が  $\infty$  に、積算値  $\Sigma m_t$  および  $\Sigma T_m$  の値が零にそれぞれリセットされる。

#### 【0051】

ところで、本実施形態の内燃機関の制御装置では、上述したようにして推定された第  $i$  気筒への筒内充填空気量  $M_{ci}$  に基づいて、第  $i$  気筒内の混合気の空燃比が目標空燃比となるように第  $i$  気筒内へ噴射する燃料噴射弁 11 からの燃料噴射量が定められる。目標空燃比は、機関運転状態 (例えば、機関回転数や機関負荷) 等に基づいて ECU 31 によって決定される。これにより、気筒間に筒内充填空気量のばらつきが生じて、全ての気筒について混合気の空燃比をほぼ正確に目標空燃比に一致させることができ、排気性状の悪化を抑制することができる。

#### 【0052】

ところが、このように燃料噴射量を決定した場合、気筒間に筒内充填空気量のばらつきが生じると、気筒間で燃料噴射弁 11 から噴射される燃料噴射量が異なってしまう。このため、燃料の燃焼により発生してピストン 3 を押し下げるのに寄与する燃焼エネルギー (以下、単に「燃焼エネルギー」と称す) も気筒間で異なり、よってトルク変動が生じてしまう。したがって、トルク変動の発生を抑制するためには、上述したように各気筒内の混合気の空燃比が目標空燃比となるように燃料噴射量を決定することに加えて、気筒間で燃焼エネルギーが等しくなるようにする必要がある。

#### 【0053】

そこで、本実施形態では、各気筒毎に点火プラグ 10 による点火時期を調整することにより、気筒間で燃焼エネルギーを均一にそろえる。この様子を、図 5 を参照して第 1 気筒と

10

20

30

40

50

第2気筒とを例にとって説明する。図5は、各気筒における点火時期と燃焼エネルギーとの関係を示している。図中、TDCは各気筒における圧縮上死点を示す。

【0054】

第1気筒と第2気筒との間に筒内充填空気量のばらつきがあり、第1気筒への筒内充填空気量が第2気筒への筒内充填空気量よりも少なく、図5に示したように第1気筒における点火時期と燃焼エネルギーとの関係は実線#1のようになり、第2気筒における点火時期と燃焼エネルギーとの関係が実線#2のようになっている場合について考える。

【0055】

この場合、第1気筒については、ノッキング等の発生しない範囲で最も進角側の点火時期、すなわちECU31によって算出された目標点火時期（図中のCA1。以下、「第1点火時期」と称す）に点火プラグ10による点火が行われる。このとき、第2気筒について、第1点火時期CA1と同じ点火時期に点火が行われると、発生する燃焼エネルギーは第1気筒のものより大きくなってしまふ。したがって、第2気筒では、第1気筒において第1点火時期CA1に点火が行われた場合に発生する燃焼エネルギーとほぼ同一の燃焼エネルギーが発生するような点火時期であって第1点火時期CA1よりも遅角側の点火時期（図中のCA2。以下、「第2点火時期」と称す）に点火が行われる。こうすることで、混合気の空燃比を気筒間でほぼ均一に保ちつつ、各気筒において発生する燃焼エネルギーを気筒間でほぼ均一に保つことができ、よって排気性状の悪化を抑制しつつトルク変動を抑制することができる。

【0056】

なお、上記説明では第1気筒と第2気筒のみを例にして説明したが、全ての気筒について（本実施形態のように4気筒の場合には4気筒全てについて）行われる。したがって、全ての気筒間で最も筒内充填空気量が少ない気筒の点火時期が目標点火時期とされ、その気筒で発生する燃焼エネルギーが他の気筒で発生する燃焼エネルギーと等しくなるように他の気筒の点火時期が定められる。

【0057】

図6を参照して、各気筒における燃料噴射量および点火時期を定める操作手順について説明する。なお、本操作は、各気筒毎および各サイクル毎に実行される。まず、ステップ121において、機関回転数および機関負荷等の機関運転状態に基づいてECU31によって算出された目標空燃比AFtおよび目標点火時期CAinj tが取得される。次いで、ステップ122では、図4に示した操作によって算出された第i気筒への筒内充填空気量Mciが取得される。

【0058】

ステップ123では、前サイクルにおいて第i気筒への筒内充填空気量Mciを取得した後において、全ての気筒について最も少ない筒内充填空気量（以下、「最小筒内充填空気量」と称す）Mcm inが算出される。例えば、他の全ての気筒への筒内充填空気量よりも第1気筒への筒内充填空気量Mc1が最も少ない場合、最小筒内充填空気量Mcm inは第1気筒への筒内充填空気量Mc1となる。次いで、ステップ124では、ステップ122において取得された第i気筒への筒内充填空気量Mciを、ステップ121において取得された目標空燃比AFtで除算した値が第i気筒における燃料噴射量TAUiとされ（ $TAUi = Mci / AFt$ ）、燃料噴射時にはこの燃料噴射量TAUiの燃料が第i気筒の燃料噴射弁11から噴射される。

【0059】

ステップ125では、ステップ122で取得された第i気筒への筒内充填空気量Mciから、ステップ123で取得された最小筒内充填空気量Mcm inを減算した差分に基づいて、第i気筒における点火時期の遅角量ΔCAinj iが算出される。なお、遅角量ΔCAinj iと上記差分との関係は予め実験的にまたは計算によって算出され、ECU31のROM34に保存されており、ステップ125における遅角量ΔCAinj iの算出では、このマップが利用される。第i気筒への筒内充填空気量Mciが最小筒内充填空気量Mcm inである場合には、上記差分は零であり、第i気筒における点火時期の遅角量

10

20

30

40

50

$\Delta C A i n j i$  も零とされる。次いで、ステップ126では、目標点火時期  $C A i n j t$  にステップ125で算出された第  $i$  気筒における点火時期の遅角量  $\Delta C A i n j i$  が加算された値が、第  $i$  気筒の点火時期  $C A i n j i$  とされる ( $C A i n j i = C A i n j t + \Delta C A i n j i$ )。このようにして算出された第  $i$  気筒の点火時期  $C A i n j i$  に、第  $i$  気筒の点火プラグ10が点火される。

【0060】

次に、本発明の第二実施形態の制御装置について説明する。第二実施形態の制御装置は、基本的に第一実施形態の制御装置と同様であるが、第  $i$  気筒への筒内充填空気量の推定の操作手順が異なる。

【0061】

ところで、吸気管内圧力センサ40の出力にはノイズが含まれているため、吸気管内圧力センサ40の出力に基づいて算出される吸気管内圧力降下量  $\Delta P d w n$  の値に誤差が生じてしまう場合がある。これに伴って、この  $\Delta P d w n$  の値を用いて算出される筒内充填空気量  $M c i$  の値にも誤差が生じてしまう場合がある。このような誤差を含んだ筒内充填空気量  $M c i$  に基づいて燃料噴射量等を定めると、混合気の実際の空燃比が目標空燃比と一致しなくなったりしてしまう。

【0062】

そこで、本実施形態では、各気筒について図4の操作によって算出された筒内充填空気量を複数のサイクルに亘って平均化した値（以下、「平均筒内充填空気量  $M c i a v e$ 」と称す）をとることで、上述したような筒内充填空気量  $M c i$  の誤差を修正する。そして、この平均筒内充填空気量  $M c i a v e$  に基づいて燃料噴射量等を定める。これにより、吸気管内圧力センサ40の出力にノイズが含まれること等により  $\Delta P m d w n$  の値に誤差が生じてても、推定される筒内充填空気量に対する誤差の影響を小さくすることができ、よって、混合気の実際の空燃比を目標空燃比とほぼ一致させることができる。

【0063】

図7を参照して、第  $i$  気筒への筒内充填空気量をサイクル間で平均化して推定する操作手順について説明する。なお、ステップ141～ステップ155およびステップ159は、それぞれ図4のステップ101～ステップ115およびステップ117と同様であるため、説明を省略する。

【0064】

ステップ156では、サイクルカウンタの値  $c y c$  に1が加算される。サイクルカウンタは、機関運転開始からのサイクル数を表すカウンタである。次いで、ステップ157では、本サイクル  $c y c$  における筒内充填空気量  $M c i (c y c)$  が、上記式(5)によって図4のステップ116と同様に算出される。

【0065】

次いで、ステップ158では、下記式(7)に示したように、本サイクル  $c y c$  から所定数  $N a v e$  だけ前のサイクル ( $c y c - N a v e$ ) から本サイクル  $c y c$  までの筒内充填空気量  $M c i$  の合計を所定数  $N a v e$  で除算した値が平均筒内充填空気量  $M c i a v e$  として算出される。

【数6】

$$M c i a v e = \sum_{k=c y c - N a v e}^{c y c} M c i (k) / N a v e \quad \cdots (7)$$

ここで、所定数  $N a v e$  は予め定められた値である。本実施形態では、この平均筒内充填空気量  $M c i a v e$  が、図6のステップ122において用いられ、第  $i$  気筒の燃料噴射量

10

20

30

40

50

および点火時期を算出するのに利用される。

【0066】

なお、第二実施形態では、図4に示した操作の代わりに図7に示した操作が行われ、それ以外は第一実施形態における操作と同様な操作が行われる。また、上記実施形態では、平均筒内充填空気量  $M_{c i a v e}$  を所定数  $N_{a v e}$  の筒内充填空気量  $M_{c i}$  の平均値としているが、加重平均値等他の値としてもよい。

【0067】

次に、本発明の第三実施形態の内燃機関の制御装置について説明する。第三実施形態の制御装置は、基本的に第一実施形態の制御装置と同様であるが、サージタンク14を含む吸気管部分やスロットル弁18の吸気上流側の吸気管には吸気管内温度センサ41が取り付けられていない。以下、図8を参照して、第三実施形態における筒内充填空気量の推定方法について説明する。なお、図8は図3と同様な図である。

【0068】

ところで、吸気管内圧力が低下しているときのスロットル弁通過空気流量を  $m_{t d w n}$  とすると、上記式(6)は下記式(8)のように表すことができる。

【数7】

$$M_{c i} = \Delta P_{m d w n} / \left( \frac{R a \cdot T_m}{V_m} \right) + m_{t d w n} \cdot \Delta t_{d w n} \quad \cdots (8)$$

ここで、第  $i$  気筒の前に吸気弁6が開く気筒を第  $h$  気筒とし、図8に示したように、第  $h$  気筒への吸入に関して吸気管内圧力が最小値をとってから、第  $i$  気筒への吸入に関して吸気管内圧力が最大値をとるまでの期間を  $\Delta t_{u p}$  と定義し、この期間中における吸気管内圧力の上昇量を  $\Delta P_{m u p}$  として定義する。

【0069】

このように  $\Delta P_{m u p}$  を定義した場合、吸気管内圧力が上昇している期間中における第  $h$  気筒および第  $i$  気筒への筒内充填空気量はほぼ零に等しいと近似することができる。このため、上記式(3)は下記式(9)のように変形することができ、吸気管内圧力が上昇しているときのスロットル弁通過空気流量を  $m_{t u p}$  とすると、下記式(10)のように変形することができる。

【数8】

$$\Delta P_{m u p} = \frac{R a \cdot T_m}{V_m} \int_t^{t+\Delta t_{u p}} m_t dt \quad \cdots (9)$$

$$\Delta P_{m u p} = \frac{R a \cdot T_m}{V_m} m_{t u p} \cdot \Delta t_{u p} \quad \cdots (10)$$

この式(10)を変形して式(8)に代入すると、下記式(11)を得ることができる。

10

20

30

40

【数 9】

$$M_{ci} = m_{tup} \cdot \Delta t_{up} \frac{\Delta P_{mdwn}}{\Delta P_{mup}} + m_{tdwn} \cdot \Delta t_{dwn} \quad \dots (11)$$

【0070】

すなわち、式(11)によれば、第*i*気筒の吸気弁6を開弁することによる吸気管内圧力の降下量 $\Delta P_{mdwn}$ 、吸気管内圧力の降下時間 $\Delta t_{dwn}$ 、および吸気管内圧力が降下しているときのスロットル弁通過空気流量 $m_{tdwn}$ と、第*i*気筒の吸気弁6を開弁する前における吸気管内圧力の上昇量 $\Delta P_{mup}$ 、吸気管内圧力の上昇時間 $\Delta t_{up}$ 、および吸気管内圧力が上昇しているときのスロットル弁通過空気流量 $m_{tup}$ とから、第*i*気筒への筒内充填空気量 $M_{ci}$ を算出することができる。

【0071】

したがって、第三実施形態によれば、各気筒の吸気弁6の開弁時期が重複しない場合において、第一実施形態における $\Delta P_{mdwn}$ および $\Delta t_{dwn}$ の検出・算出方法と同様な方法で $\Delta P_{mup}$ および $\Delta t_{up}$ を検出・算出することにより、如何なる温度センサを用いることなく各気筒への筒内充填空気量を算出することができ、よって製造コストの削減を図ることができる。

【0072】

なお、上記実施形態では、第*i*気筒の吸気弁6を開弁することによる吸気管内圧力の降下量 $\Delta P_{mdwn}$ と、第*i*気筒の吸気弁6を開弁する前における吸気管内圧力の上昇量 $\Delta P_{mup}$ とに基づいて第*i*気筒への筒内充填空気量 $M_{ci}$ を算出することとしているが、第*i*気筒の吸気弁6を開弁する前における吸気管内圧力の上昇量 $\Delta P_{mup}$ の代わりに、第*i*気筒の吸気弁6を開弁した後における吸気案内圧力の上昇量 $\Delta P_{mup}$ に基づいて算出してもよい。

【0073】

次に、本発明の第四実施形態の内燃機関の制御装置について説明する。第一実施形態の制御装置は、基本的に各気筒の吸気弁6の開弁時期が重複しない場合について利用される。ところが、第一実施形態の制御装置を各気筒の吸気弁6の開弁時期が重複している場合について利用すると、算出される各気筒への筒内充填空気量 $M_{ci}$ の誤差が大きくなってしまう。

【0074】

すなわち、図3(a)を用いて説明したように、第一実施形態においては筒内充填空気量は面積Cに相当するガス量を微少として無視した近似値となっている。ところが、気筒間の吸気弁6の開弁時期が重複する場合、図9に示したようにスロットル弁通過空気流量 $m_t$ が大きく、よって面積Cに相当するガス量が無視できないほど大きい。

【0075】

そこで、第四実施形態では、各気筒への筒内充填空気量 $M_{ci}$ のうち、面積Aに相当するガス量以外のガス量を、第一実施形態のように長方形の面積として求めるのではなく、台形の面積として求めることとしている。すなわち、第一実施形態における式(6)中の $m_t \cdot \Delta t_{dwn}$ の代わりに $m_t \cdot (\Delta t_{dwn} + \Delta t_{ioc}) / 2$ を用いる。ここで、 $\Delta t_{dwn}$ は上述したように吸気管内圧力が最大値 $P_{max}$ をとるときの最大値時刻 $t_{max}$ と最小値 $P_{min}$ をとるときの最小値時刻 $t_{min}$ との間の時間であり( $\Delta t_{dwn} = t_{min} - t_{max}$ )、 $\Delta t_{ioc}$ は第*i*気筒の吸気弁6が開弁する時刻(開弁時期) $t_{io}$ と吸気弁6が閉弁する時刻(閉弁時期) $t_{ic}$ との間の時間、すなわち第*i*気筒の吸気弁6が開弁している時間である( $\Delta t_{ioc} = t_{ic} - t_{io}$ )。したがって、第四実施形態では、上記式(6)は、下記式(12)のように書き換えて用いられる。

【数 10】

$$M_{ci} = \Delta P_{mdwn} / \left( \frac{Ra \cdot T_m}{V_m} \right) + m_t \cdot \frac{\Delta t_{dwn} + \Delta t_i}{2} \quad \dots (12)$$

【0076】

式(12)では、 $\Delta P_{mdwn}$ を含む項が図10(b)中の面積Aに相当するガス量を表し、 $m_t$ を含む項が図10(b)中の面積Bに相当するガス量を表すため、第i気筒への筒内充填空気量 $M_{ci}$ は図10(b)中の面積Aと面積Bとを加算した値となっている。図10(a)から分かるように、面積Bに相当するガス量以外のガス量を台形として求めることにより、図9に示した面積Cに相当するガス量の大部分を筒内充填空気量に含めることができる。したがって、本実施形態によれば、筒内充填空気量 $M_{ci}$ は、第i気筒の吸気弁6の開弁期間中に第i気筒の燃焼室5内に充填されたガス量をより正確に表す値となっており、各気筒の吸気弁6の開弁時期が重複している場合であっても筒内充填空気量 $M_{ci}$ の推定誤差を小さく抑えることができる。

なお、第四実施形態の制御装置は、第一実施形態だけでなく、第二実施形態の制御装置と組み合わせて、平均筒内充填空気量を求めるようにしてもよい。

【0077】

次に、本発明の第五実施形態の内燃機関の制御装置について説明する。第五実施形態の制御装置は、基本的に第一実施形態の制御装置と同様である。ところで、機関回転数、吸気弁の位相角、吸気管内圧力等、内燃機関の運転パラメータがそれぞれ同一である場合、第i気筒への筒内充填空気量 $M_{ci}$ は第i気筒の吸気弁6の作用角によって一意に決定される。例えば、作用角以外の運転パラメータを固定した場合、筒内充填空気量 $M_{ci}$ と実際の作用角との関係は図11に示したような曲線となる。したがって、作用角以外の運転パラメータをそれぞれ特定の値またはその近傍の値に固定した状態で、上記第一第一実施形態から第三実施形態における操作(以下、「空気量推定操作」と称す)によって推定された第i気筒への筒内充填空気量 $M_{ci}$ から、図11に示したようなマップに基づいて第i気筒の吸気弁6の実際の作用角を推定することができる。

【0078】

具体的には、本実施形態では、作用角以外の運転パラメータ(例えば、機関回転数、吸気弁6の位相角、吸気管内圧力の平均値)が特定の値またはその近傍の値をとる場合における筒内充填空気量と作用角との図11に示したような曲線を予め実験的にまたは計算によって求め、図11に示したようなマップとしてECU31のROM34に保存する。そして、内燃機関の運転中に作用角以外の運転パラメータが上記特定の値またはその近傍の値をとっている場合に、上記空気量推定操作によって各気筒への筒内充填空気量 $M_{ci}$ を推定する。推定された各気筒への筒内充填空気量 $M_{ci}$ と、上記ROM34に保存されたマップとから、吸気弁6の実際の作用角を算出する。これにより、本実施形態によれば、比較的正確に吸気弁6の実際の作用角を算出することができる。

【0079】

ところで、吸気弁6を駆動するために電磁式の吸気弁6の可変動弁機構(図示せず)が設けられた場合、可変動弁機構内に用いられるスプリングの劣化等によりECU31から可変動弁機構へ指令される目標作用角と吸気弁6の実際の作用角との間にずれが生じてしまう。また、機械式の可変動弁機構によって吸気弁6が駆動されている場合、可変動弁機構に用いられるカムの摩耗等によりECU31から可変動弁機構へ指令される目標作用角と吸気弁6の実際の作用角との間にずれが生じてしまう。このようなずれが生じると、吸気弁6の作用角を適切に制御することができなくなり、機関出力や燃費または排気性状の悪化を招いてしまう。

10

20

30

40

50

## 【0080】

そこで、本実施形態では、空気量推定操作に基づいて推定された実際の作用角がECU 31から可変動弁機構へ指令された目標作用角と異なる場合には、推定された実際の作用角と目標作用角との差分を補償するような補正をすることにより、吸気弁6の実際の作用角を常に目標作用角に一致させるようにする。

## 【0081】

例えば、推定された実際の作用角と目標作用角とが異なる場合に、これらの差分を算出する。そして、次回以降におけるECU 31から可変動弁機構へは、目標作用角に上記算出された差分を加算された値が指令される。

## 【0082】

したがって、第五実施形態によれば、吸気弁6の実際の作用角を常に目標作用角に一致させるように制御することにより、機関出力や燃費または排気性状の悪化を抑制することができる。

## 【0083】

次に、本発明の第六実施形態の内燃機関の制御装置について説明する。第六実施形態の内燃機関の制御装置は、基本的に第一実施形態と同様である。

## 【0084】

ところで、第一実施形態から第三実施形態においては、吸気管内圧力センサ40からの出力に基づいて空気量推定操作によって推定可能な筒内充填空気量は1サイクル前のものである。すなわち、上記実施形態では燃料噴射量等は1サイクル前の筒内充填空気量に基づいて算出される。これは、吸気ガスが完全に筒内に充填された後に筒内充填空気量の推定が行われるため、筒内充填空気量を推定したのと同じサイクルにおいてその筒内充填空気量に基づいて燃料噴射量等を決定することができないためである。したがって、第一実施形態から第三実施形態においては、サイクル間で筒内充填空気量の変動が小さいかまたはほとんどない場合、すなわち機関運転状態が定常状態にある場合にのみ、算出された筒内充填空気量に基づいて燃料噴射量等を決定することができる。しかしながら、機関運転状態が過渡状態にあってサイクル間で筒内充填空気量が大きく変動してしまう場合には、上記第一実施形態から第三実施形態における空気量推定操作によって推定される筒内充填空気量を利用することはできない。機関運転状態が過渡状態にある場合には、次の筒内充填空気量を予測する必要がある。

## 【0085】

このような予測を行うには、例えば、後述する筒内充填空気量モデルM10が用いられる。この筒内充填空気量モデルM10では、後述するように次サイクルの筒内充填空気量（以下、「将来の筒内充填空気量」と称す）を予測することができるが、算出される筒内充填空気量は、各気筒毎の空気量ではなく、全ての気筒における筒内充填空気量の平均値（以下、「将来の平均筒内充填空気量M<sub>c</sub>'」と称す）である。

## 【0086】

そこで、本実施形態では、後述する筒内充填空気量モデルM10によって算出された将来の平均筒内充填空気量M<sub>c</sub>'を補正して各気筒毎の将来の筒内充填空気量M<sub>c</sub>i'を算出する。

## 【0087】

具体的には、第一実施形態から第三実施形態における空気量推定操作によって推定された筒内充填空気量の全気筒の平均値を算出し、この全気筒の平均値に対する各気筒の筒内充填空気量の偏差を補正係数 $\eta_i$ として算出する。すなわち、第i気筒に対する補正係数 $\eta_i$ は、下記式(13)に示したように、上記空気量推定操作によって推定された第i気筒の筒内充填空気量M<sub>c</sub>iを、筒内充填空気量の全気筒の平均値で除算した値である。

10

20

30

40

【数 1 1】

$$\eta_i = \frac{M_{ci}}{\sum M_{ci} / N_{cyl}} \quad \dots (13)$$

なお、式 (13) において  $N_{cyl}$  は気筒数である。また、 $\sum M_{ci}$  は 1 サイクル中における全ての気筒への総筒内充填空気量であり、上記空気量推定操作によって推定された筒内充填空気量  $M_{ci}$  を 1 サイクルに亘って合計したものである。

【0088】

そして、後述する筒内充填空気量モデル M10 によって算出された将来の平均筒内充填空気量  $M_c'$  に第  $i$  気筒に対する補正係数  $\eta_i$  を乗算した値が、第  $i$  気筒の将来の筒内充填空気量  $M_{ci}'$  とされる ( $M_{ci}' = \eta_i \cdot M_c'$ )。これにより、各気筒間の筒内充填空気量のばらつきを考慮して各気筒毎に正確に将来の筒内充填空気量  $M_{ci}'$  を推定することができるようになり、機関運転状態が過渡状態にある場合にも各気筒内の混合気の空燃比を目標空燃比に維持すること等ができる。なお、補正係数  $\eta_i$  は、機関運転状態が定常状態にある場合には逐次更新され、機関運転状態が過渡状態にある場合には直前の定常状態において最後に更新された値のままとされる。これは、第一実施形態から第三実施形態による過渡状態における筒内充填空気量の推定精度が低いことによる。

【0089】

なお、上記第六実施形態では、第  $i$  気筒に対する補正係数  $\eta_i$  を複数サイクル間の補正係数の平均値または加重平均値としてもよい。例えば、補正係数の加重平均値  $\eta_{iave}$  は下記式 (14) によって算出される。

【数 1 2】

$$\eta_{iave} = s \cdot \eta_{i(n)} + (1-s) \cdot \eta_{i(n-1)} \quad \dots (14)$$

ここで、 $\eta_{i(n)}$  は今サイクルにおいて式 (13) によって算出された補正係数であり、 $\eta_{i(n-1)}$  は前サイクルにおいて式 (13) によって算出された補正係数である。また、 $s$  は加重平均の重みであり、 $0 \leq s \leq 1$  を満たす予め定められた値である。このように補正係数の平均値または加重平均値をとることにより、吸気管内圧力センサ 40 のノイズ等によって生じる誤差を補償することができる。

【0090】

図 12 は、第  $i$  気筒の将来の筒内充填空気量  $M_{ci}'$  を推定する操作手順を示す。本操作は、各気筒毎に行われる。まず、ステップ 161 において、現在の機関運転状態が定常状態であるか否かが判定される。機関運転状態が定常状態であると判断される場合とは、例えば、機関回転数または機関負荷等の運転パラメータが一定期間において所定範囲内に収まっている場合が挙げられる。機関運転状態が定常状態にないと判定された場合には、ステップ 162～165 が実行されない。機関運転状態が定常状態にあると判定された場合には、ステップ 162 へと進む。

【0091】

ステップ 162～165 では、補正係数  $\eta_{iave}$  の更新が行われる。ステップ 162 では、上記空気量推定操作によって第  $i$  気筒への筒内充填空気量  $M_{ci}$  が推定される。次いで、ステップ 163 において、ステップ 162 で算出された第  $i$  気筒への筒内充填空気

量 $M_{ci}$ を加えて、1サイクル中における全ての気筒への総筒内充填空気量 $\Sigma M_{ci}$ が算出される。次いで、ステップ164では、ステップ162において推定された $M_{ci}$ と、ステップ163において算出された $\Sigma M_{ci}$ に基づいて、式(13)により第 $i$ 気筒に対する補正係数 $\eta_i$ が算出される。ステップ165では、今回および前回ステップ164において算出された補正係数 $\eta_i$ に基づいて、式(14)により第 $i$ 気筒に対する補正係数の加重平均値 $\eta_{iave}$ が算出される。

#### 【0092】

次いで、ステップ166では、筒内充填空気量モデルM10によって算出された将来の平均筒内充填空気量 $M_c'$ が取得される。そしてステップ167において、ステップ165において算出された補正係数の加重平均値 $\eta_{iave}$ に将来の平均筒内充填空気量 $M_c'$ を乗算することで、第 $i$ 気筒の将来の筒内充填空気量 $M_{ci}'$ とされる( $M_{ci}' = \eta_{iave} \cdot M_c'$ )。

10

#### 【0093】

次に、本発明の第七実施形態の内燃機関の制御装置について説明する。第七実施形態の制御装置は基本的に第六実施形態の制御装置と同様であるが、第六実施形態では後述する筒内充填空気量モデルM10によって算出された将来の平均筒内充填空気量 $M_c'$ に各気筒毎の補正係数 $\eta_i$ を乗算していたのに対して、本実施形態では上記将来の平均筒内充填空気量 $M_c'$ に各気筒毎の補正ガス量 $\Delta M_i$ を加算することで、各気筒毎の将来の筒内充填空気量 $M_{ci}'$ を算出する( $M_{ci}' = M_c' + \Delta M_i$ )。

#### 【0094】

ここで、補正ガス量 $\Delta M_i$ の算出方法について説明する。平均筒内充填空気量に対する各気筒の筒内充填空気量の偏差は、内燃機関の運転パラメータ(例えば、作用角、機関回転数、位相角)の値に応じて変わる。例えば、作用角を例にとると、同一の気筒について作用角が大きいときには偏差は小さく、作用角が小さいときには偏差は大きい。補正ガス量 $\Delta M_i$ はこの偏差を補償するためのものであるため、この偏差と同様な値となるように定める必要がある。したがって、作用角 $V_L$ と補正ガス量 $\Delta M_i$ との関係は図13に示したように、作用角 $V_L$ が大きいときには補正ガス量を小さく、また作用角 $V_L$ が小さいときには補正ガス量を大きく設定する必要がある。

20

#### 【0095】

また、作用角 $V_L$ と上記偏差との関係は気筒間や経時変化等の程度によって異なる。したがって、同様に、作用角 $V_L$ と補正ガス量 $\Delta M_i$ との関係も、例えば、図13に示した $o$ 、 $p$ 、 $q$ のように気筒間や経時変化等によって様々な関係となる。

30

#### 【0096】

そこで、本実施形態では、まず、作用角 $V_L$ と補正ガス量 $\Delta M_i$ との関係を予め実験的に求め、マップとしてECU31のROM34に保存する。そして、或る検出条件のときにおける作用角 $V_L$ と、そのときの第 $i$ 気筒への筒内充填空気量 $M_{ci}$ を第一実施形態から第三実施形態の空気量推定操作により推定する。そして、推定された第 $i$ 気筒への筒内充填空気量 $M_{ci}$ からこのサイクルにおいて筒内充填空気量モデルM10によって算出された将来の平均筒内充填空気量 $M_c'$ を減算して、上記或る検出条件における補正ガス量 $\Delta M_i$ を算出する。例えば、作用角が $V_{L1}$ であるときに算出された補正ガス量が $\Delta M_{i1}$ であった場合、図13に示したようにこの点は曲線 $o$ 上にあり、したがって、第 $i$ 気筒に関する補正ガス量の曲線として曲線 $o$ が採用される。

40

#### 【0097】

そして、次サイクル以降においては、第 $i$ 気筒では各サイクル毎に作用角 $V_L$ に基づいて図13に示したマップから補正ガス量 $\Delta M_i$ が算出され、第 $i$ 気筒への将来の筒内充填空気量 $M_{ci}'$ は、平均筒内充填空気量 $M_c'$ に上記補正ガス量 $\Delta M_i$ が加算された値とされる( $M_{ci}' = M_c' + \Delta M_i$ )。

#### 【0098】

このような操作は各気筒毎に行われ、これにより、各気筒間の筒内充填空気量のばらつきを補償して各気筒毎に正確に将来の筒内充填空気量 $M_{ci}'$ を算出することができる。

50

## 【0099】

次に、筒内充填空気量モデルM10について説明する。なお、以下では、筒内充填空気量モデルM10によって算出される平均筒内充填空気量を $M_c'$ 、平均筒内吸入空気流量を $m_c'$ とする。

## 【0100】

筒内充填空気量モデルM10は、図14に示したように電子制御スロットルモデルM11、スロットルモデルM12、吸気管モデルM13、吸気弁モデルM14を備える。電子制御スロットルモデルM11には、負荷センサ46により検出されたアクセルペダル操作量 $A_{ccp}$ が入力され、実際のスロットル弁18が所定時間 $\Delta T$ 後に到達するスロットル開度（以下、「先読みスロットル開度」と称す） $\theta_t$ を出力する。スロットルモデルM12には、電子制御スロットルモデルM11から出力された先読みスロットル開度 $\theta_t$ と、大気圧センサ44によって検出された内燃機関周囲の大気圧（または、吸気管15に吸入される空気の圧力） $P_a$ と、大気温度センサ43によって検出された内燃機関周囲の大気温度（または、吸気管15に吸入される空気の温度） $T_a$ と、後述する吸気管モデルM13において算出された吸気枝管13内の圧力（吸気管内圧力） $P_m$ とが入力され、これら入力された各パラメータの値を後述するスロットルモデルM12のモデル式に代入することで、単位時間当たりにスロットル弁18を通過する空気の流量（以下、「スロットル弁通過空気流量 $m_t$ 」と称す）が算出される。スロットルモデルM12において算出されたスロットル弁通過空気流量 $m_t$ は、吸気管モデルM13へ入力される。

## 【0101】

吸気管モデルM13には、スロットルモデルM12において算出されたスロットル弁通過空気流量 $m_t$ と、以下で詳述する単位時間当たりに燃焼室5内に流入する吸気ガスの流量（以下、「平均筒内吸入空気流量 $m_c'$ 」と称す。なお、平均筒内吸入空気流量 $m_c'$ の定義については、吸気弁モデルM14において詳述する）とが入力され、これら入力された各パラメータの値を後述する吸気管モデルM13のモデル式に代入することで、吸気枝管13およびサージタンク14内に存在する吸気ガスの圧力（以下、「吸気管内圧力 $P_m$ 」と称す）と吸気枝管13およびサージタンク14内に存在する吸気ガスの温度（以下、「吸気管内温度 $T_m$ 」と称す）とが算出される。吸気管モデルM13において算出された吸気管内圧力 $P_m$ と吸気管内温度 $T_m$ は共に吸気弁モデルM14へ入力され、さらに吸気管内圧力 $P_m$ はスロットルモデルM12にも入力される。

## 【0102】

吸気弁モデルM14には、吸気管モデルM13において算出された吸気管内圧力 $P_m$ および吸気管内温度 $T_m$ の他に大気温度 $T_a$ が入力され、これら入力された各パラメータの値を後述する吸気弁モデルM14のモデル式に代入することで、平均筒内吸入空気流量 $m_c'$ が算出される。算出された平均筒内吸入空気流量 $m_c'$ は、平均筒内充填空気量 $M_c'$ に変換され、この平均筒内充填空気量 $M_c'$ に基づいて燃料噴射弁からの燃料噴射量が決定される。また、吸気管モデルM13において算出された平均筒内吸入空気流量 $m_c'$ は吸気管モデルM13に入力される。

## 【0103】

図14から分かるように、筒内充填空気量モデルM10では或るモデルにおいて算出されたパラメータの値が別のモデルへの入力値として利用されるので、筒内充填空気量モデルM10全体では、実際に入力される値はスロットル開度 $\theta_t$ 、大気圧 $P_a$ 、および大気温度 $T_a$ の三つのパラメータのみであり、これら三つのパラメータから平均筒内充填空気量 $M_c'$ が算出される。

## 【0104】

次に、筒内充填空気量モデルM10の各モデルM11～M14について説明する。

## 【0105】

電子制御スロットルモデルM11は、負荷センサ46により検出されたアクセルペダル操作量 $A_{ccp}$ に基づいて、実際のスロットル弁18が所定時間 $\Delta T$ 後に到達するスロットル開度（以下、「先読みスロットル開度」と称す） $\theta_t$ を推定するモデルである。本実

施形態においては、スロットル弁電子制御ロジックにて、負荷センサ46により検出されたアクセルペダル操作量 $A_{ccp}$ と、図15に示したアクセルペダル操作量 $A_{ccp}$ と目標スロットル開度 $\theta_t$ との関係を規定するマップとに基づいてスロットル開度 $\theta_t$ が求められる。このようにして求められたスロットル開度 $\theta_t$ はスロットルモデルM12へと送られる。一方、このスロットル開度 $\theta_t$ を所定時間 $\Delta T$ （例えば、64 msec）だけ遅延させた値が最終的な目標スロットル開度 $\theta_r$ として求められ、実際のスロットル開度 $T_A$ が目標スロットル開度 $\theta_r$ となるようにステップモータ17へ駆動信号が送出される。

#### 【0106】

このように、目標スロットル開度 $\theta_r$ は、現時点から所定時間 $\Delta T$ だけ前の時点におけるアクセルペダル操作量 $A_{ccp}$ に応じて決定されたスロットル開度 $\theta_t$ と等しい。目標スロットル開度 $\theta_r$ に基づいてスロットル弁18が駆動されるため、スロットル開度 $\theta_t$ は実際のスロットル弁18のスロットル開度よりも $\Delta T$ だけ先のスロットル開度となっている。逆に言うと、スロットル開度 $\theta_t$ は、実際のスロットル弁18が所定時間 $\Delta T$ 後に到達するスロットル開度となっている。

#### 【0107】

スロットルモデルM12では、大気圧 $P_a$ 、大気温度 $T_a$ 、吸気管内圧力 $P_m$ 、電子制御スロットルモデルM11から出力された先読みスロットル開度 $\theta_t$ から、下記式(15)に基づいてスロットル弁通過空気流量 $m_t$ が算出される。ここで、式(15)における $\mu$ はスロットル弁における流量係数で、スロットル開度 $\theta_t$ の関数であり、よって図16に示したようなマップから定まる。また、 $A_t$ はスロットル弁の開口断面積を示し、スロットル開度 $\theta_t$ の関数であり、図17に示したようなマップから定まる。なお、これら流量係数 $\mu$ および開口断面積 $A_t$ をまとめた $\mu \cdot A_t$ をスロットル開度 $\theta_t$ から一つのマップで求まるようにしてもよい。また、 $R_a$ は気体定数に関する定数であり、実際には気体定数を1 mol当たりの気体（空気）の質量 $M_{lmol}$ で除算した値である。

#### 【数13】

$$m_t = \mu \cdot A_t \cdot \frac{P_a}{\sqrt{R_a \cdot T_a}} \cdot \Phi \left( \frac{P_m}{P_a} \right) \quad \dots (15)$$

#### 【0108】

また、 $\Phi(P_m/P_a)$ は下記式(16)に示した関数であり、この式(16)における $\kappa$ は比熱比（一定値とする）である。この関数 $\Phi(P_m/P_a)$ は図18に示したようなグラフに表すことができるので、このようなグラフをマップとしてECU31のROM34に保存し、実際には式(16)を用いて計算するのではなくマップから $\Phi(P_m/P_a)$ の値を求めるようにしてもよい。

10

20

30

【数 1 4】

$$\Phi\left(\frac{P_m}{P_a}\right) = \begin{cases} \sqrt{\frac{\kappa}{2(k+1)}} & \dots \frac{P_m}{P_a} \leq \frac{1}{\kappa+1} \\ \sqrt{\left\{\left(\frac{\kappa-1}{2\kappa}\right) \cdot \left(1 - \frac{P_m}{P_a}\right) + \frac{P_m}{P_a}\right\} \cdot \left(1 - \frac{P_m}{P_a}\right)} & \dots \frac{P_m}{P_a} > \frac{1}{\kappa+1} \end{cases} \quad \dots (16)$$

10

【0109】

これらスロットルモデルM12の式(15)および式(16)は、スロットル弁18上流の気体の圧力を大気圧 $P_a$ 、スロットル弁18上流の気体の温度を大気温度 $T_a$ 、スロットル弁18の下流の気体の圧力を吸気管内圧力 $P_m$ として、図19に示したようなスロットル弁18のモデルに対して、質量保存則、エネルギー保存則および運動量保存則を適用し、さらに気体の状態方程式、比熱比の定義式、およびマイヤーの関係式を利用することによって得られる。

【0110】

吸気管モデルM13では、スロットル弁通過空気流量 $m_t$ 、平均筒内吸入空気流量 $m_c'$ 、および大気温度 $T_a$ から、下記式(17)および式(18)に基づいて吸気管内圧力 $P_m$ および吸気管内温度 $T_m$ が算出される。なお、式(17)および式(18)における $V_m$ はスロットル弁18から吸気弁6までの吸気管13等の部分(以下、「吸気管部分」と称す)の容積に等しい定数である。

【数 1 5】

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{P_m}{T_m}\right) = \frac{R}{V_m} \cdot (m_t - m_c) \quad \dots (17)$$

30

$$\frac{dP_m}{dt} = \kappa \cdot \frac{Ra}{V_m} \cdot (m_t \cdot T_a - m_c \cdot T_m) \quad \dots (18)$$

【0111】

ここで、吸気管モデルM13について図20を参照して説明する。吸気管部分の総気体量(総吸気ガス量)を $M$ とすると、総気体量 $M$ の時間的変化は、吸気管部分に流入する気体の流量、すなわちスロットル弁通過空気流量 $m_t$ と、吸気管部分から流出する気体の流量、すなわち平均筒内吸入空気流量 $m_c'$ との差に等しいため、質量保存則により下記式(19)が得られ、この式(19)および気体の状態方程式( $P_m \cdot V_m = M \cdot R \cdot T_m$ )より、式(17)が得られる。

40

【数 1 6】

$$\frac{dM}{dt} = mt - mc \quad \dots (19)$$

【0 1 1 2】

また、吸気管部分の気体のエネルギー  $M \cdot C_v \cdot T_m$  の時間的変化量は、吸気管部分に流入する気体のエネルギーと吸気管部分から流出する気体のエネルギーとの差に等しい。このため、吸気管部分に流入する気体の温度を大気温度  $T_a$ 、吸気管部分から流出する気体の温度を吸気管内温度  $T_m$  とすると、エネルギー保存則により下記式 (20) が得られ、この式 (20) および上記気体の状態方程式より、式 (18) が得られる。

10

【数 1 7】

$$\frac{d(M \cdot C_v \cdot T_m)}{dt} = C_p \cdot mt \cdot T_a - C_p \cdot mc \cdot T_m \quad \dots (20)$$

20

【0 1 1 3】

吸気弁モデル M14 では、吸気管内圧力  $P_m$ 、吸気管内温度  $T_m$ 、および大気温度  $T_a$  から、下記式 (21) に基づいて、平均筒内吸入空気流量  $mc'$  が算出される。なお、式 (21) における  $a$ 、 $b$  は、機関回転数  $N_e$  から、さらに吸気弁 6 の位相角 (バルブタイミング) および作用角を変更できる可変動弁機構を備えた内燃機関の場合には吸気弁 6 の位相角、作用角から定まる値である。

【数 1 8】

30

$$mc = \frac{T_a}{T_m} \cdot (a \cdot P_m - b) \quad \dots (21)$$

【0 1 1 4】

上述した吸気弁モデル M14 について図 21 を参照して説明する。一般に、吸気弁 6 が閉じたときに燃焼室 5 内に吸入されている吸気ガスの量である平均筒内充填空気量  $M_c'$  は、吸気弁 6 が閉弁するとき (吸気弁閉弁時) に確定し、吸気弁閉弁時の燃焼室 5 内の圧力に比例する。また、吸気弁閉弁時の燃焼室 5 内の圧力は吸気弁上流の気体の圧力、すなわち吸気管内圧力  $P_m$  と等しいとみなすことができる。したがって、平均筒内充填空気量  $M_c'$  は、吸気管内圧力  $P_m$  に比例すると近似することができる。

40

【0 1 1 5】

ここで、単位時間当たりに吸気管部分から流出する全吸気ガスの量を平均化したもの、または単位時間当たりに吸気管部分から全ての燃焼室 5 に吸入される吸気ガスの量を一つの気筒の吸気行程に亘って (後述するように本実施形態ではクランク角  $180^\circ$  分) 平均化したものを平均筒内吸入空気流量  $mc'$  (以下で詳述する) とすると、平均筒内充填空気量  $M_c'$  が吸気管内圧力  $P_m$  に比例することから、平均筒内吸入空気流量  $mc'$  も吸気管内圧力  $P_m$  に比例すると考えられる。このことから、理論および経験則に基づいて、上

50

記式(21)が得られる。なお、式(21)における値 $a$ は比例係数であり、機関回転数 $N_e$ 、吸気弁6のリフト量指示値 $V_L$ 、吸気弁6の位相角指示値 $V_T$ をパラメータとした三次元マップから求まる。なお、この三次元マップは、予め実験的にまたは計算によって求められ、ECU31のROM34に保存されている。値 $b$ は燃焼室5内に残存していた既燃ガスを表す値(排気弁8閉弁時に燃焼室5内に残る既燃ガス量を後述する時間 $\Delta T_{180^\circ}$ で除算したものと考えられる)である。また、実際の運転では過渡時に吸気管内温度 $T_m$ が大きく変化する場合がありますため、これに対する補正として理論および経験則に基づいて導かれた $T_a/T_m$ が乗算されている。

#### 【0116】

ここで、平均筒内吸入空気流量 $m_{c'}$ について、図22を参照して内燃機関が4気筒である場合について説明する。なお、図22は横軸がクランクシャフトの回転角度、縦軸が単位時間あたりに吸気管部分から燃焼室5に実際に流入する吸気ガスの流量である。図22に示したように、4気筒の内燃機関では、吸気弁6が例えば1番気筒、3番気筒、4番気筒、2番気筒の順に開弁し、各気筒に対応する吸気弁6の開弁量に応じて吸気管部分から各気筒の燃焼室5内へ吸気ガスが流入する。例えば、吸気管部分から各気筒の燃焼室5内に流入する吸気ガスの流量の変位は図22に破線で示した通りであり、これを総合して吸気枝管13から全気筒の燃焼室に流入する吸気ガスの流量は図22に実線で示した通りである。また、例えば1番気筒への平均筒内充填空気量 $M_{c'}$ は図22に斜線で示した通りである。

#### 【0117】

これに対して、実線で示した吸気管から全ての気筒の燃焼室に流入する吸気ガスの量を平均化したものが平均筒内吸入空気流量 $m_{c'}$ であり、図中に一点鎖線で示す。そして、この一点鎖線で示した平均筒内吸入空気流量 $m_{c'}$ に、4気筒の場合にはクランクシャフトが $180^\circ$ (すなわち、4ストローク式内燃機関において1サイクル中にクランクシャフトが回転する角度 $720^\circ$ を気筒数で割った角度)回転するのにかかる時間 $\Delta T_{180^\circ}$ を乗算したものが平均筒内充填空気量 $M_{c'}$ となる。したがって、吸気弁モデルM14で算出された平均筒内吸入空気流量 $m_{c'}$ に $\Delta T_{180^\circ}$ を乗算することで、平均筒内充填空気量 $M_{c'}$ が算出される( $M_{c'} = m_{c'} \cdot \Delta T_{180^\circ}$ )。より詳細には、平均筒内充填空気量 $M_{c'}$ が吸気弁閉弁時の圧力に比例することを考慮して、吸気弁閉弁時の平均筒内吸入空気流量 $m_{c'}$ に $\Delta T_{180^\circ}$ を乗算したものが平均筒内充填空気量 $M_{c'}$ とされる。

#### 【0118】

次に、上記筒内充填空気量モデルM10を内燃機関の制御装置に実装して、実際に平均筒内充填空気量 $M_{c'}$ を算出する場合について説明する。平均筒内充填空気量 $M_{c'}$ は筒内充填空気量モデル10を用いて、上記式(15)、式(17)、式(18)、および式(21)を解くことにより表される。この場合、ECU31で処理するために、これらの式を離散化する必要がある。時刻 $t$ 、計算間隔 $\Delta t$ を用いて式(15)、式(17)、式(18)、および式(21)を離散化すると、それぞれ下記式(22)、式(23)、式(24)、および式(25)が得られる。なお、吸気管内温度 $T_m(t + \Delta t)$ は、式(23)および式(24)によってそれぞれ算出された $P_m/T_m(t + \Delta t)$ および $P_m(t + \Delta t)$ から、式(26)によって算出される。

【数 1 9】

$$m_t(t) = \mu \cdot A_t(\theta(t)) \cdot \frac{P_a}{\sqrt{R \cdot T_a}} \Phi\left(\frac{P_m(t)}{P_a}\right) \quad \dots (22)$$

$$\frac{P_m}{T_m}(t + \Delta t) = \frac{P_m}{T_m}(t) + \Delta t \cdot \frac{R}{V_m} \cdot (m_t(t) - m_c(t)) \quad \dots (23)$$

$$P_m(t + \Delta t) = P_m(t) + \Delta t \cdot \kappa \cdot \frac{R}{V_m} \cdot (m_t(t) \cdot T_a - m_c(t) \cdot T_m(t)) \quad \dots (24)$$

$$m_c(t) = \frac{T_a}{T_m(t)} \cdot (a \cdot P_m(t) - b) \quad \dots (25)$$

$$T_m(t + \Delta t) = \frac{P_m(t + \Delta t)}{P_m / T_m(t + \Delta t)} \quad \dots (26)$$

10

20

【0 1 1 9】

このようにして実装された筒内充填空気量モデルM10では、スロットルモデルM12の式(22)で算出された時刻tにおけるスロットル弁通過空気流量 $m_t(t)$ と、吸気弁モデルM14の式(25)で算出された時刻tにおける平均筒内吸入空気流量 $m_c'(t)$ とが、吸気管モデルM13の式(23)および式(24)に代入され、これにより時刻 $t + \Delta t$ における吸気管内圧力 $P_m(t + \Delta t)$ および吸気管内温度 $T_m(t + \Delta t)$ が算出される。次いで、算出された $P_m(t + \Delta t)$ および $T_m(t + \Delta t)$ は、スロットルモデルM12および吸気弁モデルM14の式(22)および式(25)に代入され、これにより時刻 $t + \Delta t$ におけるスロットル弁通過空気流量 $m_t(t + \Delta t)$ および平均筒内吸入空気流量 $m_c'(t + \Delta t)$ が算出される。そして、このような計算を繰り返すことによって、先読みスロットル開度 $\theta_t$ 、大気圧 $P_a$ 、および大気温度 $T_a$ から、任意の時刻tにおける平均筒内吸入空気流量 $m_c'$ が算出され、算出された平均筒内吸入空気流量 $m_c'$ に上記時間 $\Delta T_{180^\circ}$ を乗算することで、任意の時刻tにおける平均筒内充填空気量 $M_c'$ が算出される。特に、先読みスロットル開度 $\theta_t$ が実際のスロットル弁18のスロットル開度よりも $\Delta T$ だけ早いスロットル開度となっているため、算出される平均筒内充填空気量 $M_c'$ も将来の値となっている。

30

【0 1 2 0】

なお、内燃機関の始動時には、すなわち時刻 $t = 0$ においては、吸気管内圧力 $P_m$ は大気圧と等しい( $P_m(0) = P_a$ )とされ、吸気管内温度 $T_m$ は大気温度と等しい( $T_m(0) = T_a$ )とされて、各モデルM11~M13における計算が開始される。

40

【0 1 2 1】

なお、上記筒内充填空気量モデルM10では、大気温度 $T_a$ および大気圧 $P_a$ が一定であるとしているが、時刻によって変化する値としてもよく、例えば、大気温度を検出するための大気温度センサによって時刻tにおいて検出された値を大気温度 $T_a(t)$ 、大気圧を検出するための大気圧センサによって時刻tにおいて検出された値を大気圧 $P_a(t)$ として上記式(22)、式(24)、および式(25)に代入するようにしてもよい。

【0 1 2 2】

なお、本明細書において、機関運転状態が定常状態にある場合とは、内燃機関の運転パ

50

ラメータ（例えば、機関回転数、機関負荷、筒内充填空気量等）がほとんど変動せずにはほぼ一定に維持されているような運転状態を意味し、一方、機関運転状態が過渡状態にある場合とは、内燃機関の運転パラメータが大きく変動しているような運転状態を意味する。

【図面の簡単な説明】

【0123】

【図1】本発明の内燃機関の制御装置が用いられる内燃機関全体を示す図である。

【図2】本発明の吸気管モデルの基本概念を示す図である。

【図3】クランク角に対する流量の変化および吸気管内圧力の変化を示す図である。

【図4】各気筒への筒内充填空気量の推定の操作手順を示すフローチャートである。

【図5】各気筒における点火時期と燃焼エネルギーとの関係を示す。

【図6】各気筒における燃料噴射量および点火時期を定める操作手順を示すフローチャートである。

【図7】各気筒への筒内充填空気量をサイクル間で平均化して推定する操作手順を示すフローチャートである。

【図8】第三実施形態における筒内充填空気量の推定方法を説明するための図3と同様な図である。

【図9】気筒間の吸気弁6の開弁時期が重複する場合におけるクランク角に対する流量の変化を示す図である。

【図10】クランク角に対する流量の変化を示す図である。

【図11】筒内充填ガス量と作用角との関係を示す図である。

【図12】第*i*気筒の将来の筒内充填空気量 $M_{ci}'$ を推定する操作手順を示すフローチャートである。

【図13】作用角と補正ガス量 $\Delta M_i$ との関係を示す図である。

【図14】本発明で用いられる吸入ガス量モデルを示す図である。

【図15】アクセルペダル操作量と目標スロットル開度との関係を示す図である。

【図16】スロットル開度と流量係数との関係を示す図である。

【図17】スロットル開度と開口断面積との関係を示す図である。

【図18】関数 $\Phi(P_m/P_a)$ を示す図である。

【図19】スロットルモデルの基本概念を示す図である。

【図20】吸気管モデルの基本概念を示す図である。

【図21】吸気弁モデルの基本概念を示す図である。

【図22】筒内充填空気量および筒内吸気ガス量の定義に関する図である。

【符号の説明】

【0124】

1…機関本体

5…燃焼室

6…吸気弁

7…吸気ポート

8…排気弁

11…燃料噴射弁

13…下流側吸気管

14…サージタンク

15…上流側吸気管

18…スロットル弁

19…エアフロメータ

31…ECU（電子制御ユニット）

40…吸気管内圧力センサ

41…吸気管内温度センサ

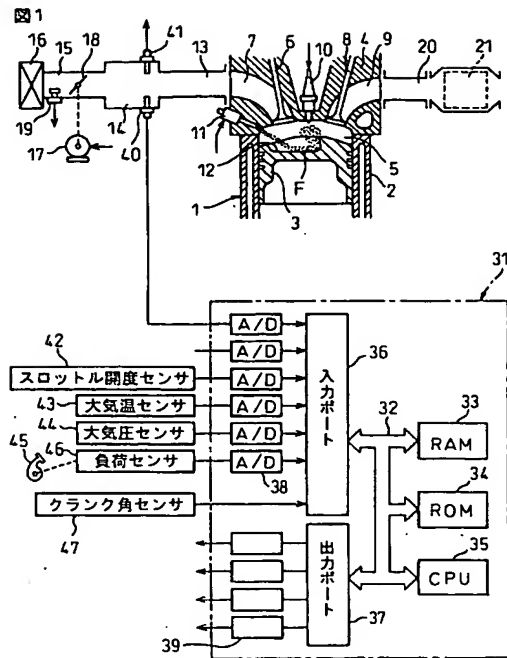
10

20

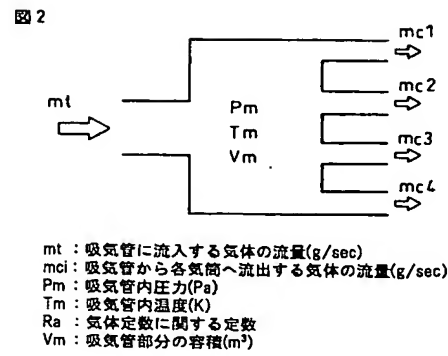
30

40

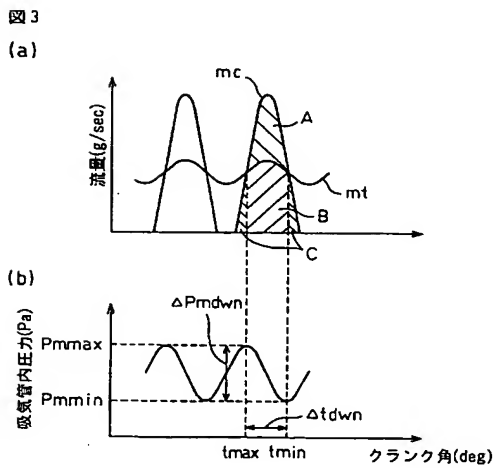
【図 1】



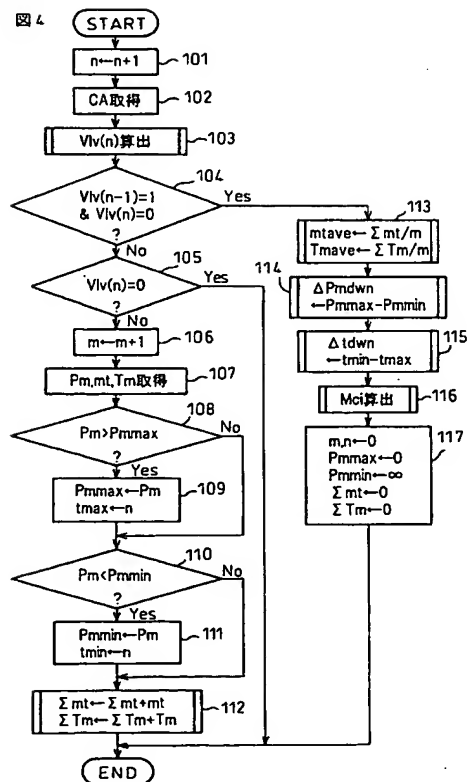
【図 2】



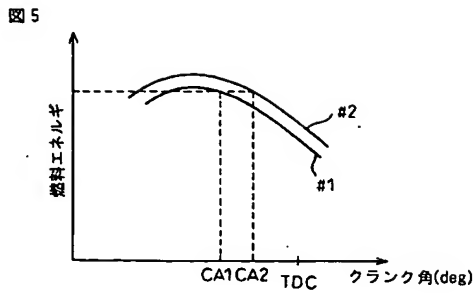
【図 3】



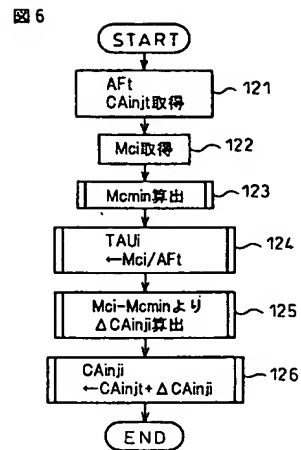
【図 4】



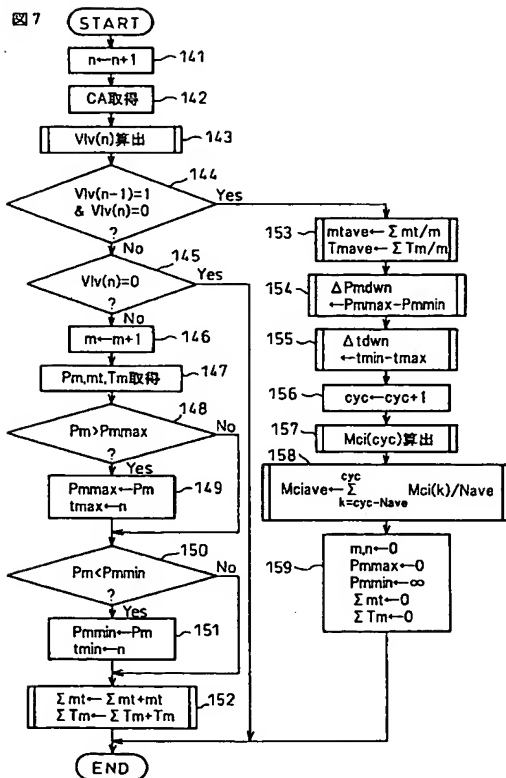
【図 5】



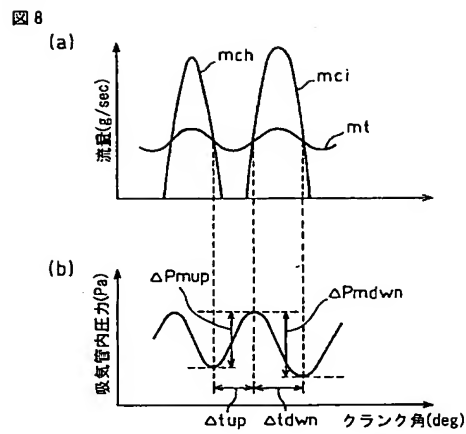
【図 6】



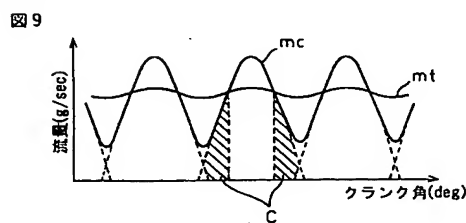
【図 7】



【図 8】



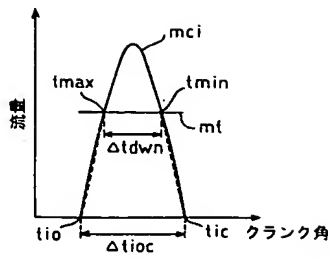
【図 9】



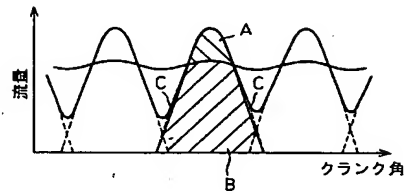
【図10】

図10

(a)

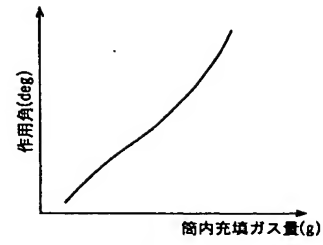


(b)



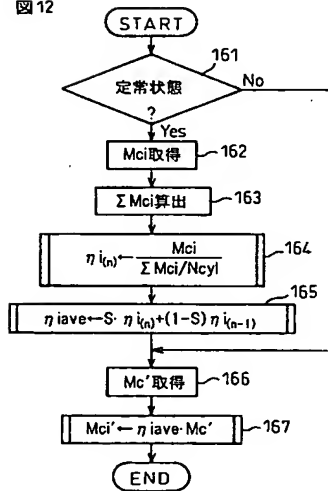
【図11】

図11



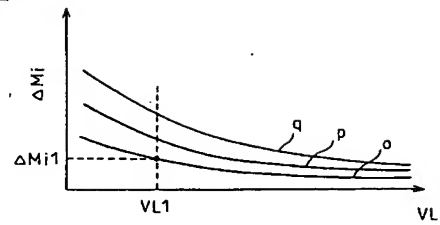
【図12】

図12

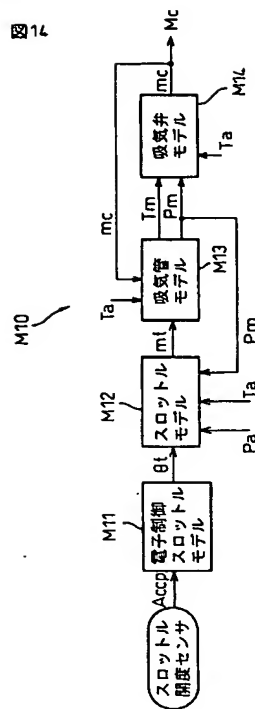


【図13】

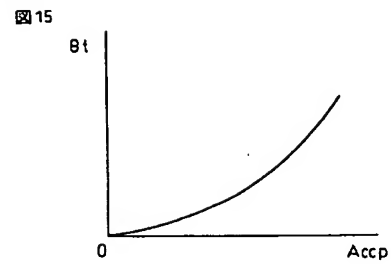
図13



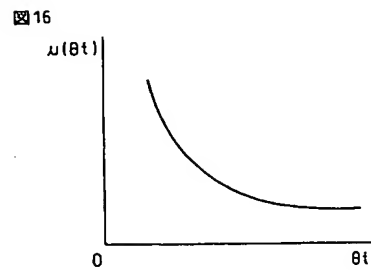
【図14】



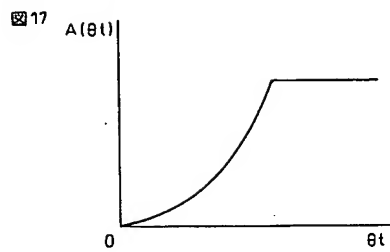
【図15】



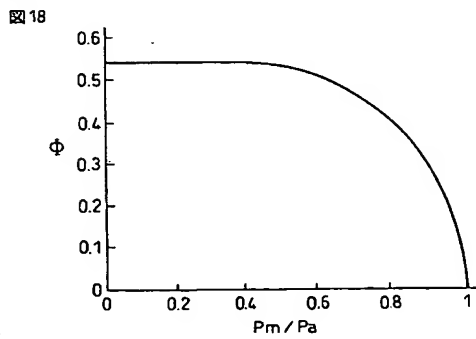
【図16】



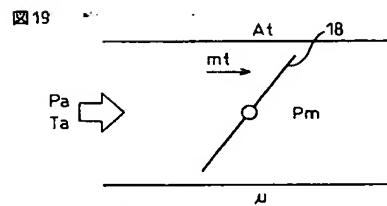
【図17】



【図18】



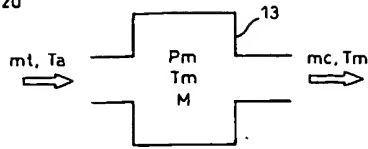
【図19】



$P_m$  : 吸気管内圧力(kPa)  
 $P_a$  : 大気圧(kPa)  
 $T_a$  : 大気温度(K)  
 $A_t$  : スロットル弁開口断面積( $m^2$ )  
 $\dot{m}_t$  : スロットル弁通過空気流量(g/sec)  
 $\mu$  : 流量係数

【図 20】

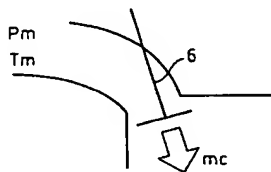
図 20



$m_t$  : 吸気管に流入する気体の流量(g/sec)  
 $m_c$  : 吸気管から流出する気体の流量(g/sec)  
 $P_m$  : 吸気管内圧力(kPa)  
 $T_a$  : 流入する気体の温度(K)  
 $T_m$  : 吸気管内温度(K)  
 $M$  : 吸気管内の総気体量  
 $R$  : 気体定数  
 $V_m$  : 吸気管容積( $m^3$ )  
 $C_p$  : 空気の定圧比熱  
 $C_v$  : 空気の定容比熱  
 $K$  : 比熱比

【図 21】

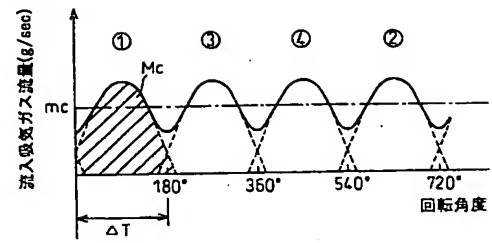
図 21



$P_m$  : 吸気弁上流の圧力(kPa)  
 $T_m$  : 吸気弁上流の温度(K)  
 $T_a$  : 大気温度(K)  
 $m_c$  : 筒内吸入ガス流量(g/sec)  
 $a, b$  : 適合パラメータ

【図 22】

図 22



---

フロントページの続き(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

F I

テーマコード (参考)

F O 2 D 41/36

B

F O 2 P 5/15

A

F ターム(参考) 3G022 AA03 DA01 DA02 FA02 FA04 GA01 GA06 GA07 GA08 GA11  
3G065 AA04 CA11 DA04 FA12 GA01 GA05 GA10 GA26 GA27 GA41  
GA46 KA33  
3G084 AA03 BA04 BA05 BA13 BA17 DA04 EA05 EA06 EA11 EB12  
EC03 FA01 FA07 FA10 FA11 FA33 FA38  
3G301 HA06 JA03 JA18 JA20 LA03 LB01 MA11 MA12 MA13 NA08  
NC02 NC07 NC08 ND02 ND06 NE01 NE06 PA01Z PA07Z PA09Z  
PA10Z PA11Z PE01Z PE03Z PF03Z

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第5部門第1区分

【発行日】平成18年8月24日(2006.8.24)

【公開番号】特開2005-90437(P2005-90437A)

【公開日】平成17年4月7日(2005.4.7)

【年通号数】公開・登録公報2005-014

【出願番号】特願2003-327965(P2003-327965)

【国際特許分類】

F 0 2 D 45/00 (2006.01)

F 0 2 D 9/02 (2006.01)

F 0 2 D 41/36 (2006.01)

F 0 2 P 5/15 (2006.01)

【F I】

F 0 2 D 45/00 3 6 6 E

F 0 2 D 45/00 3 5 8 J

F 0 2 D 45/00 3 6 4 D

F 0 2 D 45/00 3 6 6 F

F 0 2 D 9/02 Q

F 0 2 D 41/36 B

F 0 2 P 5/15 A

【手続補正書】

【提出日】平成18年7月11日(2006.7.11)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】請求項1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【請求項1】

スロットル弁を通過するスロットル通過空気量を算出するスロットル通過空気量算出手段と、

各気筒に対応する吸気弁が開弁することによる吸気管内圧力の脈動に伴う圧力降下量に相当する上記気筒への余分空気量を算出する余分空気量算出手段と、

上記スロットル通過空気量検出手段によって検出されたスロットル通過空気量と上記余分空気量算出手段によって算出された余分空気量とに基づいて各気筒毎に筒内充填空気量を推定する筒内充填空気量推定手段と、

該筒内充填空気量推定手段によって推定された気筒毎の筒内充填空気量に基づいて内燃機関を制御する機関制御手段とを具備する内燃機関の制御装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0008】

上記課題を解決するために、第1の発明では、スロットル弁を通過するスロットル通過空気量を算出するスロットル通過空気量算出手段と、各気筒に対応する吸気弁が開弁することによる吸気管内圧力の脈動に伴う圧力降下量に相当する上記気筒への余分空気量を算出する余分空気量算出手段と、上記スロットル通過空気量検出手段によって検出されたスロットル通過空気量と上記余分空気量算出手段によって算出された余分空気量とに基づい

て各気筒毎に筒内充填空気量を推定する筒内充填空気量推定手段と、該筒内充填空気量推定手段によって推定された気筒毎の筒内充填空気量に基づいて内燃機関を制御する機関制御手段とを具備する内燃機関の制御装置が提供される。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0015】

第8の発明では、第1～第6のいずれか一つの発明において、スロットル弁を通過するスロットル弁通過空気流量を検出する流量センサを具備し、各気筒に対応する吸気弁が開弁している期間およびその近傍の期間において吸気管内圧力が最大となる最大値時期と吸気管内圧力が最小となる最小値時期との間の期間を $\Delta t_{down}$ とし、上記吸気弁の開弁時期と閉弁時期との間の期間を $\Delta t_{ioc}$ とし、これら期間中において上記流量センサによって検出されたスロットル弁通過空気流量を $m_t$ とすると、上記スロットル通過空気量算出手段は、スロットル通過空気量 $M_t$ を下記式(1)に基づいて算出する。

$$M_t = m_t \cdot (\Delta t_{down} + \Delta t_{ioc}) / 2 \quad \dots (1)$$

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0033

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0033】

式(3)より、吸気管部分への流入空気流量( $m_t$ )が流出空気流量( $m_{ci}$ )よりも大きければ吸気管内圧力が上昇し、小さければ吸気管内圧力が降下し、等しければ吸気管内圧力が一定であり、 $\Delta t$ 秒間における吸気管内圧力の変化量 $\Delta P_m$ は吸気管部分内の空気量の変化分に相当することがわかる。なお、機関運転状態が後述するような定常状態にある場合、吸気管部分からの流出空気流量( $m_{ci}$ )は吸気弁6の開閉に依存して間欠的であるのに対し、吸気管部分からの流入空気流量( $m_t$ )は吸気管部分が緩衝となりその変化が穏やかである。このため、流出空気流量( $m_{ci}$ )と流入空気流量( $m_t$ )との大小関係は反転を繰り返す(図3(a)参照)。これは、上記式(2)の右辺のカッコ内の値が一定周期で正負反転を繰り返すこと、すなわち吸気管内圧力が一定周期で上昇・降下を繰り返すことを意味し、吸気管内圧力の脈動を表す。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0042

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0042】

次いで、ステップ104では、時刻 $n-1$ における開閉弁フラグ $V_{lv}(n-1)$ の値が1にセットされており且つ時刻 $n$ における開閉弁フラグ $V_{lv}(n)$ の値が0にセットされている状態であるか否かが判定される。すなわち、ステップ104では、前回の操作時には吸気弁6が開弁しており今回の操作時には吸気弁6が閉弁しているか否か、つまり、今回の操作時に吸気弁6が閉弁されたときであるか否かが判定される。ステップ104において、今回の操作時に吸気弁6が閉弁されたときではないと判定された場合には、ステップ105へと進む。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0064

【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【0064】

ステップ156では、サイクルカウンタの値  $cyc$  に1が加算される。サイクルカウンタは、機関運転開始からのサイクル数を表すカウンタである。次いで、ステップ157では、本サイクル  $cyc$  における筒内充填空気量  $Mci(cyc)$  が、上記式(6)によって図4のステップ116と同様に算出される。

## 【手続補正7】

## 【補正対象書類名】明細書

## 【補正対象項目名】0075

## 【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【0075】

そこで、第四実施形態では、各気筒への筒内充填空気量  $Mci$  のうち、面積  $A$  に相当するガス量以外のガス量を、第一実施形態のように長方形の面積として求めるのではなく、台形の面積として求めることとしている。すなわち、第一実施形態における式(6)中の  $mt \cdot \Delta t_{down}$  の代わりに  $mt \cdot (\Delta t_{down} + \Delta t_{ioc}) / 2$  を用いる。ここで、 $\Delta t_{down}$  は上述したように吸気管内圧力が最大値  $P_{max}$  をとるときの最大値時刻  $t_{max}$  と最小値  $P_{min}$  をとるときの最小値時刻  $t_{min}$  との間の時間であり ( $\Delta t_{down} = t_{min} - t_{max}$ )、 $\Delta t_{ioc}$  は第  $i$  気筒の吸気弁6が開弁する時刻(開弁時期)  $t_{io}$  と吸気弁6が閉弁する時刻(閉弁時期)  $t_{ic}$  との間の時間、すなわち第  $i$  気筒の吸気弁6が開弁している時間である ( $\Delta t_{ioc} = t_{ic} - t_{io}$ )。したがって、第四実施形態では、上記式(6)は、下記式(12)のように書き換えて用いられる。

## 【数10】

$$Mci = \Delta P_{mdwn} / \left( \frac{Ra \cdot Tm}{Vm} \right) + mt \cdot \frac{\Delta t_{down} + \Delta t_{ioc}}{2} \quad \dots (12)$$

## 【手続補正8】

## 【補正対象書類名】明細書

## 【補正対象項目名】0076

## 【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【0076】

式(12)では、 $\Delta P_{mdwn}$  を含む項が図10(b)中の面積  $A$  に相当するガス量を表し、 $mt$  を含む項が図10(b)中の面積  $B$  に相当するガス量を表すため、第  $i$  気筒への筒内充填空気量  $Mci$  は図10(b)中の面積  $A$  と面積  $B$  とを加算した値となっている。図10(a)から分かるように、面積  $A$  に相当するガス量以外のガス量を台形として求めることにより、図9に示した面積  $C$  に相当するガス量の大部分を筒内充填空気量に含めることができる。したがって、本実施形態によれば、筒内充填空気量  $Mci$  は、第  $i$  気筒の吸気弁6の開弁期間中に第  $i$  気筒の燃焼室5内に充填されたガス量をより正確に表す値となっており、各気筒の吸気弁6の開弁時期が重複している場合であっても筒内充填空気量  $Mci$  の推定誤差を小さく抑えることができる。

なお、第四実施形態の制御装置は、第一実施形態だけでなく、第二実施形態の制御装置と組み合わせて、平均筒内充填空気量を求めるようにしてもよい。